



Universidad
Carlos III de Madrid

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Trabajo de fin de Grado

Estudio tecnoeconómico de las necesidades del
parque automovilístico de una ciudad para su
adaptación al coche eléctrico.

Autor: Gonzalo de la Viesca Lanza

Tutor: Javier Villa Briongos

Leganés, Mayo de 2017



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico
de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.



RESUMEN

El principal objetivo del trabajo consiste en considerar al vehículo eléctrico como mejor solución para la sustitución del parque automovilístico en consecuencia de los problemas medioambientales. Pero para la instauración del vehículo eléctrico serán necesarias una serie de infraestructuras llamadas puntos de carga.

Para su sustitución se ha llevado a cabo un estudio del punto de carga, como son los puntos de carga, que tipo de carga pueden aportar, los diversos modos de carga, etc. La localización de los puntos de carga será otro punto a tener en cuenta, en función del tipo de punto de carga será ideal para un emplazamiento u otro, los puntos de carga en parkings o garajes comunitarios serán distintos de los que se puedan encontrar en la vía públicas o en chalets y viviendas particulares.

Una vez decidido que punto de carga ira en cada lugar se procederá a una división de la ciudad, pues no toda la ciudad tiene la misma demografía o características urbanas. Ciertas zonas de la ciudad están constituidas por chalets, y otras son grandes zonas urbanas con incluso centros comerciales. Para el estudio se cogerá la ciudad de Leganés, la cual se distribuirá por radios.

Gracias a los datos del INE (Instituto Nacional de Estadística) y de la DGT (Dirección General de Tráfico) será posible conocer la demografía por barrios y el numero de vehículos de la ciudad. Consiguiendo así datos suficientes para realizar un análisis económico del impacto que supondría para el ayuntamiento la entrada del vehículo eléctrico. Calculando la inversión que habrá que realizar desde el punto de vista del ayuntamiento y del cliente.



ÍNDICE

Resumen	3
Índice	4
Índice de figuras	7
Índice de tablas.....	9
Capítulo 1. Introducción	10
1.1 Introducción	10
1.2 Explicación del trabajo.....	10
Capítulo 2. Introducción al vehículo eléctrico	12
2.1 Historia del vehículo eléctrico.....	12
2.2 Componentes del vehículo eléctrico	15
2.3 Tipos de coche eléctrico.....	16
2.3.1 Vehículos híbridos eléctricos (HEV)	17
2.3.2 Vehículos híbridos enchufables (PHEV)	17
2.3.3 Vehículos 100% eléctricos.....	18
2.4 Beneficios del vehículo eléctrico.....	18
Capítulo 3. Legislación	21
3.1 Legislación vehículo eléctrico	21
3.2 Legislación sobre puntos de carga	21
3.3 Legislación de compra de vehículos eléctricos	22
Capítulo 4. Sistema de recarga	24
4.1 Introducción de los sistemas de recarga	24
4.2 Funcionamiento sistema de recarga.....	25
4.3 Punto de carga	26
4.4 Tipos de recarga.....	27



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

4.4.1 Recarga lenta o convencional	28
4.4.2 Recarga semi-rápida	28
4.4.3 Recarga rápida	29
4.5 Modos de recarga	30
4.5.1 Modo 1. Corriente alterna	30
4.5.2 Modo 2. Corriente alterna	31
4.5.3 Modo 3	32
4.5.4 Modo 4	33
4.6 Tipos de conectores	34
4.6.1 Schuko	34
4.6.2 SAE J1772	34
4.6.3 Mennekes.....	35
4.6.4 Conector único combinado.....	35
4.6.5 Conector Scame	36
4.6.6 Conector CHAdeMO.....	36
4.7 Nuevas tecnologías para las recargas	37
4.7.1 Recarga inductiva.....	37
4.7.2 Cambio de baterías	38
Capítulo 5. Baterías.....	40
5.1 Introducción a las baterías.....	40
5.2 Baterías actuales	41
5.2.1 Níquel-Hidruros metálicos	41
5.2.2 Litio-Ión	42
5.2.3 ZEBRA	43
5.3 Baterías en desarrollo	43
5.3.1 Baterías sodio beta	43



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

5.3.2 Baterías Metal-Aire	43
5.3.3 Litio-Aire	44
5.3.4 Aluminio-Aire	44
5.4 Supercondensadores	44
Capítulo 6. Parque automovilístico	45
6.1 Características del parque automovilístico	45
6.2 Emisiones del vehículo eléctrico	46
6.3 Tarjeta de vehículo eléctrico	49
Capítulo 7. Localización de los puntos de carga	51
7.1 Puntos de carga en garajes	51
7.2 puntos de carga en viviendas unifamiliares	55
7.3 Puntos de carga en vías públicas	56
7.4 Puntos de carga en estaciones de servicio	58
Capítulo 8. Análisis económico	59
8.1 Estudio de Leganés	59
8.2 Financiación	84
8.3 Estudio de los diversos escenarios	88
Capítulo 9. El resultado: la smart grid	93
9.1 ¿Qué es una Smart Grid?	93
9.2 Características de la Smart Grid	93
9.3 El vehículo eléctrico en la Smart Grid	94
Conclusiones	96
Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.



ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2. Introducción al vehículo eléctrico.

Figura 2. 1 El Electrobat [1]	12
Figura 2. 2 La Jamais Contiene [1].....	13
Figura 2. 3 EV-1 General Motors [1]	14
Figura 2. 4 Componentes Vehículo eléctrico [4]	16
Figura 2. 5 Tipos de Vehículos eléctricos [4]	17
Figura 2. 6 Eficiencia vehículos	18

Capítulo 4. Sistema de recarga.

Figura 4. 1 Sistema de recarga	26
Figura 4. 2 Poste de recarga.....	27
Figura 4. 3 Punto de recarga convencional [16]	29
Figura 4. 4 Modo de recarga 1 [19].....	31
Figura 4. 5 Modo de recarga 2 [19].....	32
Figura 4. 6 Modo de recarga 3 [19].....	33
Figura 4. 7 Modo de recarga 4 [19].....	33
Figura 4. 8 Conector Schuko [20]	34
Figura 4. 9 SAE J1772 [21]	35
Figura 4. 10 Mennekers [21]	35
Figura 4. 11 Conector único combinado [20]	36
Figura 4. 12 Conector Scame [20]	36
Figura 4. 13 CHAdeMO [20]	36
Figura 4. 14 Recarga inductiva [23].....	37
Figura 4. 15 Recarga inductiva en movimiento [24]	38

Capítulo 5. Baterías.



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

Figura 5. 1 Situación de la batería en los vehículos eléctricos [27]	40
Capítulo 6. Parque automovilístico.	
Figura 6. 1 Edad media del Parque [31]	45
Figura 6. 2 Parque Leganés [32]	46
Figura 6. 3 Mix energético español [33]	47
Figura 6. 4 Emisión-Generación [35]	47
Figura 6. 5 tarjeta vehículo eléctrico [37]	49
Capítulo 7. Localización de los puntos de carga.	
Figura 7. 1 Punto de carga tipo Wallbox [38]	52
Figura 7. 2 Wallbox en Garaje [38]	53
Capítulo 8. Análisis económico.	
Figura 8. 1 Distribución por barrios Leganés [42]	60
Figura 8. 2 Parque Leganés [32]	61
Figura 8. 3 Mapa Zarzaquemada [42]	62
Figura 8. 4 Mapa El Carrascal [42]	63
Figura 8. 5 Mapa San Nicasio [42]	65
Figura 8. 6 Mapa Leganés Norte [42]	66
Figura 8. 7 Mapa Casco Histórico [42]	67
Figura 8. 8 Mapa La Fortuna [42]	68
Figura 8. 9 Mapa Los Santos [42]	69
Figura 8. 10 Mapa Las Vírgenes [42]	70
Figura 8. 11 Mapa Las Flores [42]	71
Figura 8. 12 Mapa descubridores [42]	72
Figura 8. 13 Mapa V.Centenario [42]	73
Figura 8. 14 Mapa Derechos Humanos [42]	74
Figura 8. 15 Mapa Las Batallas [42]	75



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

Figura 8. 16 Mapa Arroyo Culebro [42]	76
Figura 8. 17 Mapa Escritores [42]	77
Figura 8. 18 Campo de Tiro [42].....	78
Figura 8. 19 Mapa Valdepelayo [42]	79
Figura 8. 20 Mapa Los Frailes [42]	80
Figura 8. 21 Mapa Vereda de los Estudiantes [42]	81
Figura 8. 22 Coste acumulado Obra.....	87
Figura 8. 23 Coste mensual de la Obra	87
Figura 8. 24 Recarga en horas punta [45]	91
Figura 8. 25 Recarga en horas valle [45]	91
Capítulo 9. El resultado; la Smart Grid.	
Figura 9. 1 Esquema Smart Grid [47]	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consumo vehículos eléctricos	48
Tabla 2 Coste puntos de carga lenta en garajes	55
Tabla 3 Coste puntos de carga semi-rápida en garajes	55
Tabla 4 Coste punto de carga en viviendas unifamiliares	56
Tabla 5 Coste puntos de carga semi-rápida en vías públicas	58
Tabla 6 Distribución de costes por barrios (Leganés)	83
Tabla 7 Precio coches eléctricos	88
Tabla 8 Precio híbridos enchufables	89
Tabla 9 Precio híbridos.....	89
Tabla 10 Características de los eléctricos	90
Tabla 11 Características de los híbridos.....	90



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Los vehículos con tecnologías alternativas son un reto globalizado, ya que el compromiso por impulsar estos vehículos nace de la necesidad creciente por parte de la sociedad de nuevas fórmulas de movilidad sostenible. Para ello, la industria de automoción invierte y apuesta por ofrecer a la sociedad una gran gama de vehículos de diferentes propulsiones, además de las tradicionales. Tener un mercado equilibrado en emisiones, con la introducción de estos vehículos alternativos a las ciudades, posicionará al país como uno de los más eficientes y menos contaminantes de Europa.

Estas alternativas de movilidad como la que plantea el vehículo eléctrico suponen la principal solución para el tema de la contaminación. Pues esta contaminación se produce principalmente por el transporte, no necesariamente con influencia directa, pero termina concluyendo en el transporte. La transformación y extracción de combustibles fósiles para alimentar los vehículos también produce un porcentaje importante de contaminación.

Aunque el ritmo de crecimiento de estos vehículos es cada vez mayor, aún es muy baja su presencia en el parque automovilístico. Por lo tanto, seguir con iniciativas que ayuden a mejorar el mercado de tecnologías alternativas y apoyen al desarrollo en infraestructuras, potenciará a este mercado para alcanzar una mayor cuota.

Como condición necesaria para el desarrollo de vehículos de tecnología eléctrica se posiciona el concepto de punto de carga. Elemento tan necesario para el transporte como son las estaciones de servicio hoy en día.

El objetivo que se persigue recoge información del estudio tecnoeconómico de la ciudad de Leganés para la sustitución de su parque automovilístico por un parque de vehículos eléctricos. Dentro del estudio se tratan datos como la legislación, la infraestructura del sistema de recarga y los tipos de carga existentes, las baterías de los coches y el estudio previo del parque automovilístico. Tratando de realizar un trabajo de información básica sobre un posible proyecto de ingeniería de futuro. Se estudiará la posible financiación y si la entrada al mercado de un parque de vehículos eléctricos es viable. También se considerarán diversos escenarios por si la entrada del eléctrico no resulta asequible.

1.2 Explicación del trabajo

En este apartado se explicará en que consiste punto por punto cada apartado del trabajo, para así lograr una buena estructuración global y saber de antemano que se estudiará en cada apartado.

Este primer capítulo consiste en una introducción al tema a tratar, el vehículo eléctrico, así como los puntos para recargarlos. Pues se trata de una tecnología que se va a empezar a utilizar si no ha empezado ya, en la mayoría de ciudades importantes,



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

como solución para la contaminación y lograr una conducción y una ciudad más eficiente.

El segundo capítulo trata de una introducción al vehículo eléctrico, contando con una breve explicación de su historia, una explicación que lo diferencia de los coches de combustión, los tipos de vehículos eléctricos que hay en el mercado y unos pocos beneficios de los infinitos que se pueden sacar de este tipo de nuevas tecnologías.

En el capítulo 3 se realiza una introducción al tema legislativo, conociendo todas las leyes relacionadas con el tema de vehículos eléctricos y relativas a la infraestructura de recarga. Además, se realiza una breve explicación de dichas leyes.

En el capítulo 4 se realiza un análisis del tema que nos interesa, los puntos de carga y su infraestructura, como funcionan, que tipos de carga hay, cuantos modos y que tipos de conectores se utilizan, además se analizan nuevas tecnologías para la recarga de vehículos. A partir de los tipos y modos de carga que hay se escogerán los más favorables para cada caso en nuestro análisis de una ciudad.

El capítulo 5 está destinado a las baterías, pues no se puede explicar un proceso de carga sin tener conocimiento de las baterías, se explicarán las actuales y las que se encuentran en desarrollo.

En el capítulo 6 se estudia el parque automovilístico, realizando una primera profundización en la ciudad de Leganés, sobre la que se va a realizar el estudio. Averiguamos la edad media del parque automovilístico y el número de vehículos de Leganés. También se realiza una breve explicación sobre las emisiones que se producen con vehículos eléctricos y sobre las tarjetas de vehículos eléctricos que serían necesarias en una ciudad con vehículos eléctricos.

En el capítulo 7 será para el análisis de los emplazamientos en los que se puede encontrar un punto de carga, tanto parkings como viviendas unifamiliares, como estaciones de servicio o estaciones en la vía pública.

En el capítulo 8 se realizará el caso práctico, se realiza el cálculo de costes por barrios, así como un análisis global. También habrá un análisis de diversos escenarios que nos podemos encontrar.

El capítulo 9 trata de las Smart Grids o también llamadas ciudades inteligentes, el tipo de ciudad energéticamente limpia y sostenible al que se desea llegar y para ello se necesita al coche eléctrico.

CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN AL VEHÍCULO ELÉCTRICO

2.1 Historia del vehículo eléctrico

Aunque exista la creencia de que el vehículo eléctrico es algo relativamente moderno, es algo que se lleva intentando desde que surgió el primer motor eléctrico, de hecho, la idea de implementar un vehículo eléctrico existe incluso antes de la invención de los motores Diésel y de Gasolina que se conocen en la actualidad.

Los inicios del coche eléctrico tuvieron lugar en 1835 cuando Thomas Davenport, gracias a la idea del húngaro Jedlik de la incorporación de motores eléctricos a pequeñas maquetas, construyó los primeros vehículos eléctricos en miniatura. Posteriormente, en 1838, Robert Davidson consiguió mover una locomotora sin usar carbón ni vapor, y llegó a los 6 km/h.

Sin embargo, el automóvil eléctrico como tal fue inventando por el escocés Robert Anderson. Este automóvil consistía en un carruaje cargado con una pila eléctrica no recargable, lo cual suponía un problema de autonomía. Desde ese entonces se estudió la mejora de la pila eléctrica, donde primero el francés Gastón Planté y a posteriori Camille Faure, realizaron grandes avances en este ámbito, consiguiendo unas baterías de ácido-plomo que se podían recargar. Este avance permitió que se pudieran empezar a fabricar más coches eléctricos suponiendo un gran avance en la industria de la automoción.

El Electrobat, representado en la Figura 2.1, fue el primer coche eléctrico funcional, creado por el ingeniero Henry Morris en 1894. Era capaz de recorrer con una sola recarga 160 kilómetros, podía alcanzar los 32 km/h. Después de este primer prototipo se comercializó al año siguiente. Más tarde, en 1897 en Nueva York se utilizó el primer taxi eléctrico de la historia, con más de 100 ejemplares.



Figura 2. 1 El Electrobat [1]

Una vez conseguida la batería recargable, la próxima barrera a superar era la de la velocidad, barrera superada por el ingeniero belga Camille Jenatzy en 1899 que logró superar la barrera de los 100 km/h llegando incluso a los 105 km/h, su automóvil se llamaba “La Jamais Contiene” (Figura 2.2).

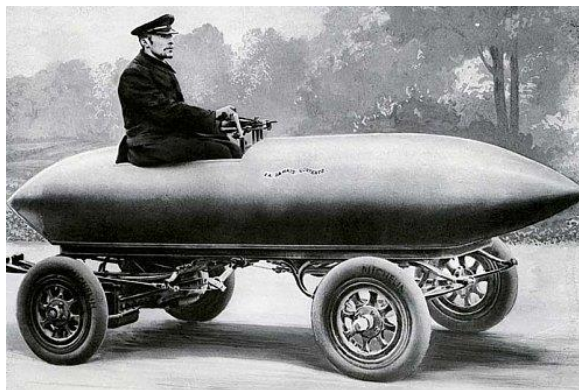


Figura 2. 2 La Jamais Contiene [1]

En ese entonces los vehículos eléctricos comenzaron a cobrar más importancia y se comercializó en gran cantidad, sobre todo en Estados Unidos donde supuso que hasta un 38% de los vehículos eran eléctricos. El vehículo eléctrico triunfaba frente al vehículo de gasolina, debido a que la gasolina en esa época era difícil de conseguir, era un vehículo sucio y ruidoso, había que arrancar el vehículo con una manivela y el cambio de marchas era muy rudimentario, sin embargo, el vehículo eléctrico iba de manera suave y sin cambios de marchas, además tenía un precio asequible para la clase media. Los coches siguieron desarrollándose consiguiendo mejoras de velocidad y de batería llegando a alcanzar los 130 km/h, además, con una mayor autonomía gracias a una batería recargable de níquel-hierro creada en 1911 por Thomas Edison.

Pero fue en 1912 cuando llegó el motor de arranque de la mano de Ford y su producción mecanizada cuando el motor eléctrico sufrió un declive y comenzó el auge del motor de gasolina. Otro hecho que ayudó al liderazgo de los coches de gasolina fue la mayor facilidad de obtener el petróleo y que los coches de gasolina podían recorrer mayores distancias, asimismo el precio de los coches de gasolina bajó. Estos coches de gasolina eran más rápidos, más baratos y tenían más autonomía. En los años siguientes los vehículos eléctricos fueron desapareciendo paulatinamente, llegando a ser utilizados solo en usos determinados como carretillas elevadoras, carritos de golf o carretillas de reparto.

En la década de los 60 y los 70 el coche eléctrico resurgió, primero con nuevos modelos de prototipos que nunca llegaron a triunfar, y posteriormente con la llegada de la crisis energética y la subida de precio de la gasolina. Esta crisis consistía en que la sociedad empezó a ser consciente del agotamiento de las reservas de petróleo. Dada esa preocupación por el agotamiento del petróleo y conscientes de la contaminación que generaba, los fabricantes apostaron por la electricidad, una energía limpia y económica. Por estos motivos se aprobó en 1990 el ZEV (Zero Emission Vehicle) un mandato por el que se promueve el uso de vehículos eléctricos y con cero emisiones

con el objetivo de colaborar con el medio ambiente. Siendo estos los inicios de la política de expansión que conocemos sobre el coche eléctrico.

Durante la crisis del petróleo los fabricantes de coches convencionales se vieron obligados a mejorar su eficiencia a la vez que buscaban alternativas, ya que la economía de occidente podría sufrir un revés si el petróleo se encarecía notablemente por su escasez. En 1974, nació el primer coche eléctrico producido en masa: el pequeño CitiCar, del que hubo tres modelos y del que se fabricaron alrededor de 2.000 unidades hasta 1977. Ya en 1980 grandes marcas como Peugeot, Renault o Toyota presentaron modelos eléctricos: estaban el Peugeot 205 eléctrico, el Renault Express eléctrico, o el prototipo Toyota EV-30.

La revolución llegó en 1990 cuando General Motors sacó el primer vehículo moderno que era 100% eléctrico, el EV-1 representado en la Figura 2.3, completamente eléctrico y mecánicamente simple, tenía una autonomía de unos 113 km gracias a las baterías de ácido-plomo, que posteriormente fueron reemplazadas por las níquel-metal hidruro, mejorando la autonomía hasta los 257 km. Hubo varios coches convencionales reconvertidos a eléctricos, y los fabricantes tuvieron que cumplir con la ley lanzando coches de emisión cero como: Ford Think, Nissan Altra EV o Ford Ranger EV entre muchos otros.

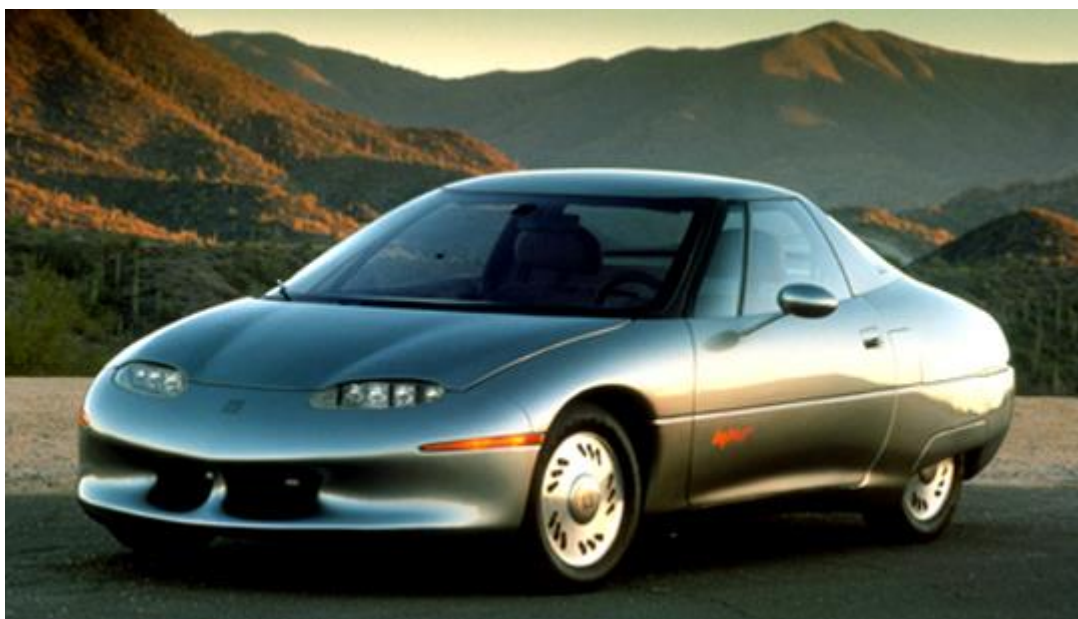


Figura 2. 3 EV-1 General Motors [1]

En la década de los 90 la autonomía del vehículo eléctrico ya era la suficiente para realizar los trayectos habituales de la gente. Además, en esa década se cambió la ley y paso de ser de emisión cero a bajas emisiones, lo cual llevó a los fabricantes a crear vehículos más eficientes descendiendo la venta del eléctrico, esto junto a que los vehículos convencionales requerían de un mayor mantenimiento en su postventa llevó a varias empresas a dejar de producir el vehículo eléctrico. [3]



Años después surgió la idea del híbrido, que consistía en combinar un motor eléctrico con uno de gasolina, y así ser percibido como un punto medio en la balanza en la pugna entre el coche convencional y el eléctrico. La industria del coche híbrido y la creciente preocupación por la ecología lograron superar la presión de la industria petrolera, y mantener a flote la tecnología eléctrica.

En cambio, la situación actual ha dado un vuelco radical, el coche eléctrico se está desarrollando, no solo siendo una opción para el futuro, sino que ya se trata de una realidad. El desarrollo de este tipo de coches continuará dejando a un lado los coches convencionales que hasta ahora conocemos. La preocupación por las emisiones de CO₂ y la búsqueda de un aire puro son los precursores del desarrollo de estas tecnologías. Pero estos no son los únicos incentivos, la subida del precio del petróleo frente al precio de la electricidad es otro de los factores que incitan a la población a el uso del coche eléctrico.

Con este apartado se intenta lograr un primer acercamiento al vehículo eléctrico al conocer un poco de su historia.

2.2 Componentes del vehículo eléctrico

El coche eléctrico además de tener una gran cantidad de elementos comunes con respecto a los coches convencionales está dotado de una serie de componentes que sustituyen al combustible. Se dispondrá de un motor eléctrico, se sustituirá además el tanque de gasolina por las baterías, y tendremos una toma eléctrica.

Cargador

Se trata de un cargador normal como cualquiera que se conoce, se encarga de absorber la electricidad de forma alterna directamente desde la red y la transforma en continua para así poder cargar la batería principal. En la figura 2.4 se puede observar su ubicación y como conecta con el resto de elementos. [4] y [5]

Batería

Las baterías de Litio-ion almacenan la energía que le cede el cargador en forma de corriente continua. Esta batería principal es el medio por el que se alimenta todo el coche eléctrico. En los coches que tienen un motor eléctrico de corriente continua, esta batería iría directamente conectada al motor. En cambio, en los coches eléctricos que tienen un motor eléctrico de corriente alterna, la batería va conectada a un inversor. Puede tener una batería auxiliar como la de cualquier coche convencional para sistemas de bajo consumo auxiliares.

Conversor

Sirve como puente de unión entre la corriente que va al motor y la que se utiliza para funciones secundarias. El conversor transforma la alta tensión de corriente continua, que aporta la batería principal, en baja tensión de corriente continua. Este

tipo de corriente es el que se utiliza para alimentar las baterías auxiliares de 12 V, que son las que alimentan los componentes auxiliares del coche.

Inversor

Los inversores u onduladores son los que se encargan de transformar la corriente continua que cede la batería principal a corriente alterna que es la requerida por el motor. Este elemento no se da en todos los vehículos eléctricos debido a que no en todos el motor requiere de corriente alterna, en los que se necesita corriente continua, la batería iría directamente conectada al motor. Muy importante su ubicación entre batería y motor eléctrico como se puede comprobar en la Figura 2.4.

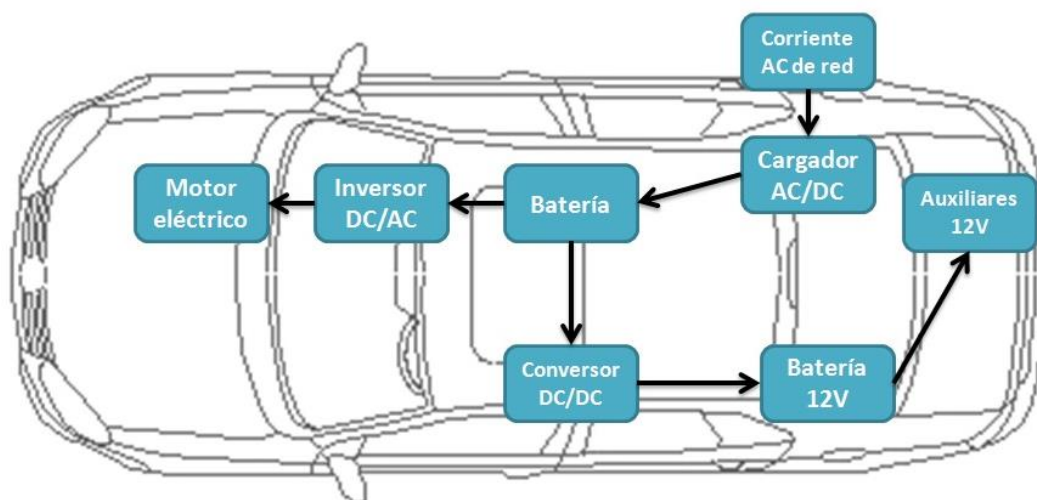


Figura 2. 4 Componentes Vehículo eléctrico [4]

Motor eléctrico

El motor bien puede ser de corriente alterna o de corriente continua, la diferencia se debe al modo de alimentación, el de corriente continua se alimenta directamente desde la batería, mientras que el de corriente alterna pasa por un inversor. Además, puede tener más de un motor eléctrico, dependiendo del diseño y las prestaciones que se deseen construir.

2.3 Tipos de coche eléctrico

Cuando se habla de vehículos eléctricos se habla de aquellos vehículos que impulsan total o parcialmente por un motor eléctrico alimentado por baterías que se recargan a través de una toma de corriente. La innovación que presentan este tipo de vehículos supone un paso adelante en el aspecto medioambiental, debido a que permiten reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Estos vehículos se presentan como una alternativa de futuro para el transporte por ciudades. Representados en la Figura 2.5. Los principales tipos de vehículos eléctricos intentados hasta ahora son:

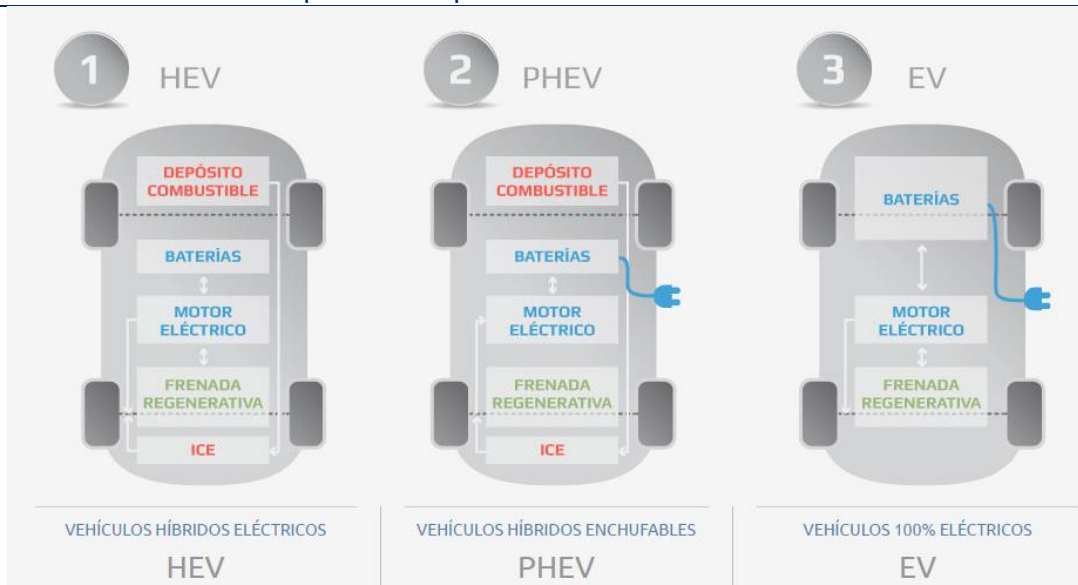


Figura 2. 5 Tipos de Vehículos eléctricos [4]

2.3.1 Vehículos híbridos eléctricos (HEV)

Están dotados de un motor de combustión interna y un motor eléctrico de imán permanente. En marcha el motor de combustión interna impulsa tanto al tren motor como al motor eléctrico. Sin embargo, en los adelantamientos se obtiene potencia adicional del motor eléctrico, alimentado por las baterías. En la frenada, el motor eléctrico actúa como generador, recuperando parte de la energía cinética. [4]

A bajas velocidades sólo el motor eléctrico impulsa el vehículo, con cero emisiones. Al parar, el motor de combustión se apaga, no consumiendo combustible. Al arrancar, el motor eléctrico suministra un par no alcanzable a bajas revoluciones por el de gasolina.

Un claro ejemplo de estos vehículos es el Toyota Prius utilizado por la mayoría de taxistas en la comunidad de Madrid debido a que, a bajas velocidades, es decir, en la circulación por la ciudad, utiliza el motor eléctrico sin consumir combustible.

2.3.2 Vehículos híbridos enchufables (PHEV)

La evolución de las baterías híbridas permite a los vehículos híbridos enchufables recorrer los primeros kilómetros del viaje con el motor eléctrico, hasta que se agote la batería donde comenzaran a utilizar el motor de combustión interna.

Estos vehículos, al igual que los anteriores también utilizan la frenada para regenerar la energía, pero además consiguen energía mediante la toma de corriente a la red.

2.3.3 Vehículos 100% eléctricos

Se trata del culmen de los vehículos eléctricos, el tipo de vehículo en el que más se investiga y más se pretende innovar. Aunque por el momento su capacidad es limitada, su autonomía es muy baja comparada con el resto de vehículos, y los tiempos de recarga son muy altos.

Todos los planes que se tienen para el futuro van de la mano a este tipo de coches, que además de reducir en un gran porcentaje las emisiones de CO₂ puesto que los vehículos son los que más CO₂ emiten, también se plantean como tanques para el almacenamiento de energía.

2.4 Beneficios del vehículo eléctrico

En este apartado se van a estudiar los beneficios que otorga el coche eléctrico frente a un vehículo convencional. [6]

Eficiencia energética:

Los vehículos eléctricos aprovechan mucho mejor la energía que los vehículos convencionales, mientras en los vehículos convencionales la mayor parte de las pérdidas de energía se encuentran en la combustión del motor, en los eléctricos tan solo el 3% de la energía se desperdicia en el motor.

Sin embargo, donde se puede decir que el vehículo eléctrico tiene su punto débil en cuanto a cuestiones energéticas es en la generación de energía, donde se pierde un 55% de la energía.

Teniendo en cuenta las pérdidas en todos los puntos del coche, se representa la Figura 2.6, el eléctrico es más eficiente gracias a sus baterías de ion-Litio, teniendo una eficiencia de casi el doble respecto a los vehículos convencionales.

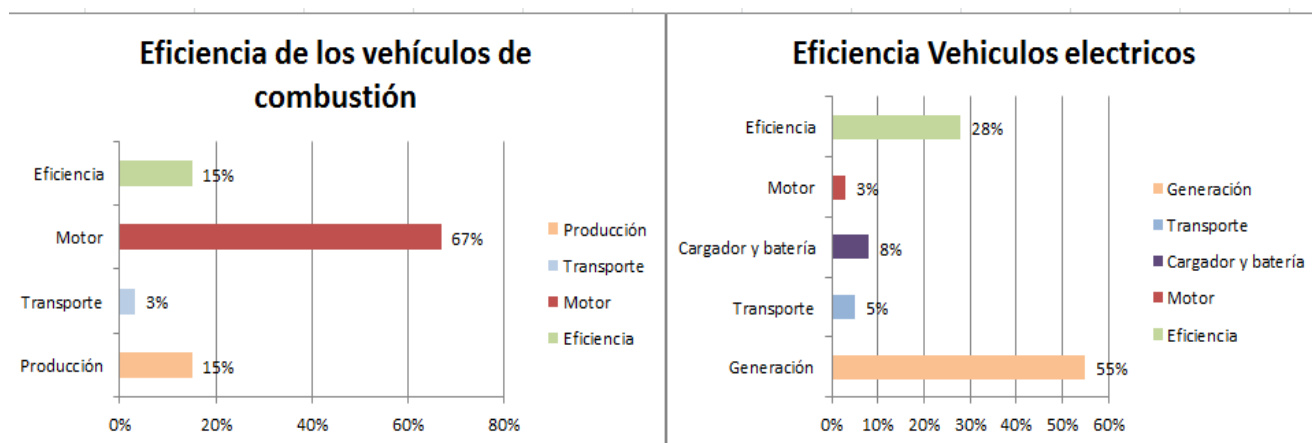


Figura 2. 6 Eficiencia vehículos



Ahorro económico:

Para realizar esta comparación se tienen en cuenta los datos de consumo medio según los fabricantes de coches eléctricos y coches convencionales, aunque este consumo luego suele ser más elevado.

Se estima que el consumo medio para los coches convencionales es de 6,8L/100km y que en los coches eléctricos el consumo medio es de 17kWh/100km. Además, el coste medio para rellenar el depósito de gasolina es de 1,14€/L (se trata de una estimación a la baja ya que el precio de la gasolina varía en función del precio del petróleo cada semana).

Con estos datos se calcula el precio que costaría recorrer 100 km en ambos tipos de vehículos:

$$1,14 \frac{\text{€}}{\text{L}} \times \frac{6,8 \text{ L}}{100\text{km}} = 7,75\text{€/100Km}$$

Se obtiene un coste de 7,75€ por cada 100km en los vehículos de combustión interna.

En cuanto al precio para recargar el vehículo eléctrico, también se encuentran variaciones, debido a que el precio de la energía varía según la franja horaria. Con datos del 2017, y comprando esa energía a la compañía más cara actualmente que es Iberdrola, el kWh sale a 0,186€ (Datos del 7/3/2017). Aunque este precio se puede ver reducido si la electricidad se compra en horas valle comprendidas entre las 22 y las 12 horas del día siguiente, también existen las horas supervalle, entre la 1 y las 7 de la madrugada donde la electricidad es más barata.

En este ejercicio se va a estudiar la situación más desfavorable.

$$0,186 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times \frac{17 \text{ kWh}}{100\text{km}} = 3,162 \text{ €/100Km}$$

Comparando ambos precios se puede observar el ahorro en cuanto al coste de la energía de los coches eléctricos, pero si además lo hacemos anualmente con una media de 15.000 km anuales:

$$15.000 \text{ km} \times \frac{7,75\text{€}}{100\text{km}} = 1162,5\text{€}$$

$$15.000 \text{ km} \times \frac{3,162\text{€}}{100\text{km}} = 474,3\text{€}$$

Se obtiene un ahorro de 688,2€ anuales en energía para el coche.

Estos datos serán de gran importancia debido a que se realizará un estudio comparativo entre los distintos consumos y se utilizarán estos valores.



Beneficios medioambientales:

El 39,4% de la energía en España está destinada a los transportes, si esta energía en vez de por combustibles fósiles se consiguiese por energías renovables se lograría un gran ahorro en la producción de gases de efecto invernadero a la atmosfera. En cambio, con los vehículos convencionales esta energía se necesita en forma de combustible, un combustible que no se obtiene de forma renovable, y que además tras la combustión realizada en los motores de los coches emite gases.

Con los coches eléctricos, se conseguiría eliminar la emisión de gases de ese 39,4% de la energía española.

Disminución de emisiones de CO₂

La reducción de las emisiones de CO₂ supone la mayor de las ventajas que nos proporcionan los vehículos eléctricos. Viviendo en una sociedad donde la mayoría de vehículos, y sobre todo los de tecnología Diesel producen una gran cantidad de emisiones que afectan a la atmósfera. La solución de los eléctricos es sin duda la primera a tener en cuenta.

Planes de integración

Son numerosas las ayudas con las que cuentan los eléctricos. Varias compañías relacionadas con energías y sobre todo los fabricantes de coches son los primeros que ofrecen descuentos y ayudas para financiar el vehículo eléctrico. Pero las ayudas no solo vienen de este tipo de empresas, el gobierno también pretende incentivar estas tecnologías con apoyos como el plan MOVEA [7]. En este plan se conceden ayudas en función del tipo de vehículo que se desee comprar. Otra de las medidas por parte del gobierno puede ser la no necesidad de pago en las zonas de estacionamiento regulado por tratarse de tecnología eléctrica, una medida que ya está vigente en ciudades como Madrid o Barcelona.

CAPÍTULO 3. LEGISLACIÓN

3.1 Legislación vehículo eléctrico

Sin duda alguna, la contaminación ambiental se ha convertido en una de las principales preocupaciones de nuestra época, sobre todo varias organizaciones que forman parte del gobierno han sido quién más se ha preocupado respecto a este tema. El mismo estado que como ya hemos mencionado anteriormente fue el que en los años 70 con la crisis del petróleo empezó a preocuparse por las emisiones de los vehículos y comenzó a emitir mandatos y leyes respecto a la calidad del aire y las emisiones.

Esto se debe a que de continuar emitiendo una gran cantidad de gases de efecto invernadero, entre otros, se llegará a crear un desequilibrio ecológico en el Planeta Tierra incluso afectando a nuestra propia salud y a nuestro bienestar.

Las medidas legislativas impuestas sobre el vehículo eléctrico son muy variadas y van cambiando conforme a la evolución de este en el mercado, a día de hoy se fomentan diferentes cuestiones, entre las que se encuentran las siguientes.

3.2 Legislación sobre puntos de carga

En lo referido a los puntos de carga, El Real Decreto-ley 6/2010, de 9 de abril, de medidas para el impulso de la recuperación económica y el empleo, reformó la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, entre otros aspectos, para incluir un nuevo agente del sector, denominado «gestor de cargas del sistema», cuya función principal será «la entrega de energía a través de servicios de recarga de vehículos eléctricos que utilicen motores eléctricos o baterías de almacenamiento en unas condiciones que permitan la recarga conveniente y a coste mínimo para el propio usuario y para el sistema eléctrico, mediante la futura integración con los sistemas de recarga tecnológicos que se desarrollen». Ello no impide que los titulares de los aparcamientos de uso no público puedan realizar las instalaciones correspondientes y gestionar su propio suministro o realizar una repercusión interna de gastos.

En el marco europeo, según la Directiva 2014/94/UE, los Estados miembros de la Unión Europea deben velar porque se cree un número apropiado de puntos de recarga accesibles al público a fin de permitir que los vehículos eléctricos circulen al menos en las aglomeraciones urbanas o suburbanas y demás zonas densamente pobladas y, en su caso, dentro de las redes que determinarán dichos Estados miembros.

Asimismo, todas las normas legislativas respecto a este tema vienen recogidas en Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 "Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos". [8]

Gracias a esta nueva normativa, se despejan todas las dudas existentes sobre la instalación de puntos de recarga ubicados en viviendas, parkings públicos y en la vía



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

pública. La normativa indica que en las nuevas viviendas unifamiliares se ha de construir un sistema de recarga para el vehículo eléctrico, además, en los parkings públicos se deberá de habilitar de un puesto de carga por cada 40 plazas. En lo referido a la construcción de nuevas viviendas con parking común se deberá de habilitar el acceso a puntos de recarga llevando a cabo una preinstalación de estos sistemas, para que los usuarios puedan tener accesos a estas de forma cómoda y más económica, en el cargo de la obra no se incluirán interruptores, conectores cables ni contadores, sino tan solo los huecos canalizadores. Por último, en las vías públicas ha de establecerse un número mínimo de puntos de recarga que se fijará según los planes de movilidad municipales.

Además, también hay leyes que regulan la actividad de los gestores de carga como es: Real Decreto 647/2011, de 9 de mayo, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética. [9].

También incluye un permiso por el cual se habilita la reventa de la electricidad para la recarga de vehículos eléctricos, con la meta de conseguir el desarrollo de estos puntos de carga y favorecer su implantación en espacios públicos. Se permite también el almacenamiento de energía por parte de los puntos de carga. Así se permite a los usuarios comprar y vender energía a las compañías eléctricas. Un almacenamiento de energía que es una de las metas de la ciencia para el futuro, debido a que tan solo se ha conseguido almacenar energía en pilas o pequeñas baterías, teniendo que consumirla en su mayor proporción. Por ello se estiman los gastos de energía, para producir esta de manera equitativa.

En este decreto también se incluye la idea de una tarifa especial en el coste para la recarga de vehículos eléctricos entre la 1 a.m. y las 7 a.m. con precios muy competitivos.

Para la instalación de puntos de carga de estos vehículos en hogares personales también hay ciertas leyes y/o facilidades recogidas en Ley 19/2009, de 23 de noviembre, de medidas de fomento y agilización procesal del alquiler y de la eficiencia energética de los edificios. [10].

Se trata de una modificación de la ley de propiedad horizontal para evitar la necesidad de una votación de la comunidad a la hora de instalar un punto de recarga en un garaje comunitario. Con esta ley tan solo es necesaria comunicación por parte del interesado a la comunidad, lo que se estudiará posteriormente.

3.3 Legislación de compra de vehículos eléctricos

El sector del transporte en España está dependiente hasta en un 98% de la industria petrolífera. Además, en el caso del transporte por carretera, éste representa más de la cuarta parte de las emisiones totales de CO₂ en España, el 25,4%. Por este mismo motivo es por el que se proporcionan ayudas para la compra de vehículos eléctricos en forma de subvenciones.



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

En el Real Decreto 648/2011, de 9 de mayo, por el que se regula la concesión directa de subvenciones para la adquisición de vehículos eléctricos, en el marco del Plan de acción 2010-2012 del Plan integral de impulso al vehículo eléctrico en España 2010-2014. [11]

Esta medida para impulsar el coche eléctrico en España se instauró en 2011 y fue la primera en hacerlo, en los años posteriores se ha ido modificando brevemente esta ley hasta quedar patentada definitivamente en 2015. Se trata del programa MOVELE recogido en el Real Decreto 287/2015, de 17 de abril, por el que se regula la concesión directa de subvenciones para la adquisición de vehículos eléctricos. (Programa MOVELE 2015). [12]

De este apartado cabe destacar las numerosas leyes que hay en cuanto al tema de los vehículos eléctricos, y sobre todo a la infraestructura de recarga. Estas leyes se tomarán en cuenta a la hora de nuestro diseño de ciudad para vehículos eléctricos, teniendo en cuenta especialmente la (ITC) BT 52, donde se recoge toda la legislación para viviendas de nueva construcción. [13]



CAPÍTULO 4. SISTEMA DE RECARGA

4.1 Introducción de los sistemas de recarga

Antes de comprar un vehículo eléctrico se plantea el problema de la recarga. ¿Dónde se puede recargar? En España, durante el comienzo de la implantación de estos sistemas de recarga, la accesibilidad a estos tipos de emplazamientos como una red de infraestructuras de recarga global es escasa debido al bajo número de usuarios. Por el contrario, el empuje de la sociedad y del mercado hacia los vehículos eléctricos o híbridos enchufables encamina al desarrollo de estas infraestructuras con el objetivo de abandonar los combustibles fósiles, optando por el motor eléctrico como opción para el desarrollo del mercado en los próximos años.

El sistema de recarga se trata de algo fundamental a la hora de adquirir un coche eléctrico, es algo impensable adquirir un coche eléctrico sin tener antes un lugar donde lo puedas recargar. Sin embargo, no es todo tan sencillo como poner un punto de recarga y ya está, esta recarga debe permitir recargar las baterías de forma equiparable a el repostaje de los vehículos convencionales, pero requiere una concienciación del usuario. Para lograr una mayor eficiencia en la recarga y sostenibilidad en el sistema eléctrico se ha de recurrir a una recarga lenta en horas valle, por ello se requiere de un cambio de mentalidad en el usuario y de una coordinación entre el uso y el repostaje del vehículo.

El sistema de recarga supone una interfaz entre el sistema de red eléctrico y el consumidor final, para la implementación de los mismos se han de tener en cuenta diversos factores, como son la seguridad en la recarga, el nivel de comunicación entre coche y punto de recarga, el emplazamiento de estos mismos o incluso el tipo de punto de recarga. Antes de colocar un punto de recarga se ha de estudiar su accesibilidad, comodidad y fiabilidad.

Actualmente en España se dispone de 2.006 puntos de recarga, frente a los 761 que había hace dos años se puede ver la apuesta por estas tecnologías, de todos ellos la mayoría están destinados a uso público para turismos y comerciales. Actualmente en la comunidad de Madrid hay 308 puntos de recarga, de los cuales, 58 son de carga rápida y 4 son de uso exclusivo para motos.

La comercialización del vehículo eléctrico es lenta pero permanente, motivo de ello puede ser la escasez de infraestructuras para la carga de los mismos. Para un mayor desarrollo de estos vehículos se necesita un mayor compromiso de la administración pública con este tipo de movilidad, como ya se ha estado viendo en los últimos años con el aumento de estas infraestructuras de recarga.

También la aprobación del Real Decreto 1053/2014 como ya se ha mencionado anteriormente por el que se regula y se facilita la instalación de puntos de recarga contribuye en el desarrollo de esta nueva tecnología.



4.2 Funcionamiento sistema de recarga

Antes de analizar los puntos de carga, es necesario conocer los componentes que intervienen en un sistema de recarga, como funcionan y su modo de interactuar unos con otros. Todo sistema de recarga está constituido por los siguientes elementos:

- **Usuario.** Persona física que se dispone a realizar la carga.
- **Vehículo eléctrico (VE).** El vehículo a recargar.
- **Punto de carga.** La parte encargada de transferir la energía al vehículo, hace la función de una estación de servicio. Interactúa con el sistema de gestión.
- **Sistema de gestión (SG).** Hace la función de centro de control. Controla las recargas de los puntos de carga y se encarga de gestionar las posibles averías de los puntos de carga [14] y [15]. Asimismo, está comunicado con las siguientes unidades:
 - ✓ Módulo de comunicación con el punto de carga a través del cual se envían órdenes del comienzo y final de la carga.
 - ✓ Módulo de comunicación con el usuario, a través del cual el usuario interactúa por medio de una pantalla en el punto de carga o por su móvil, y valida las peticiones del usuario.
 - ✓ Módulo de comunicación con el distribuidor de energía, avisa a la compañía eléctrica de incidencias en el suministro.
 - ✓ Módulo de comunicación con el Help desk, a quién comunica la información relativa del proceso de carga para proporcionársela al cliente.
 - ✓ Módulo de comunicación con el sistema de Roaming, encargado de comunicarse con otros sistemas de gestión por si el usuario que accede a dicho punto de carga no está dado de alta en su servicio, y así poder asegurar la interoperabilidad entre los distintos gestores de carga.
- **Help desk.** El encargado de la comunicación entre el usuario y el sistema de recarga, comunica incidencias posibles dudas y soluciona problemas
- **Sistema de Roaming.** Permite la interoperabilidad entre diferentes sistemas de gestión, permite utilizar un punto de recarga, aunque no estés registrado en esa compañía para así poder utilizar cualquier punto de recarga que se encuentre.

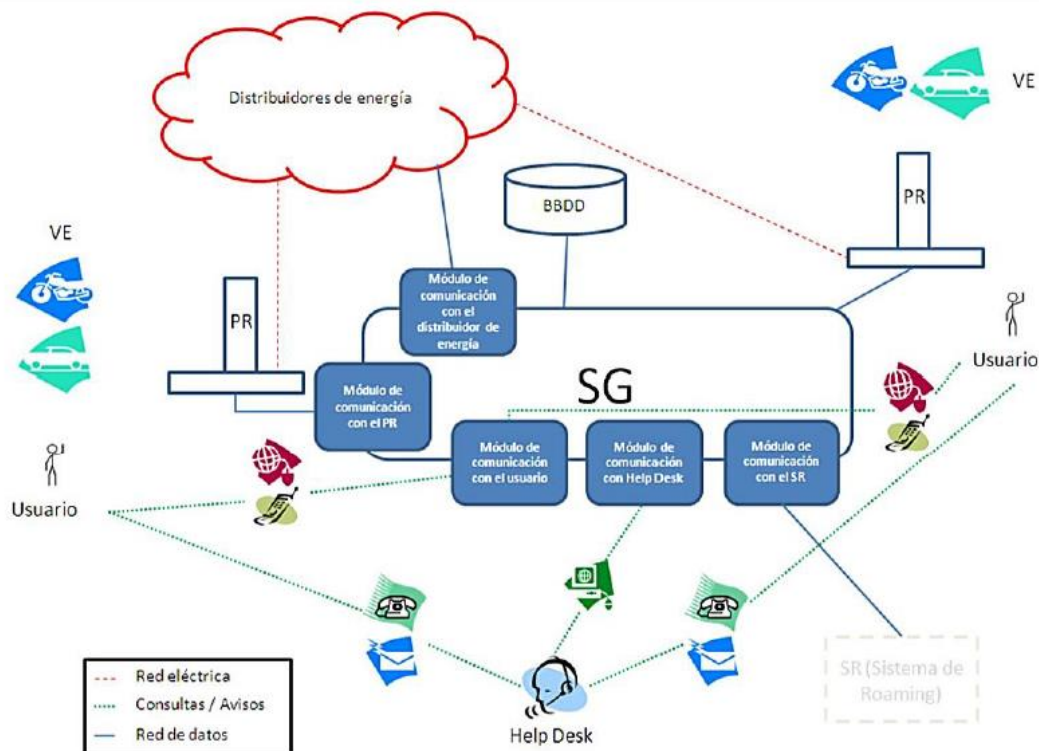


Figura 4. 1 Sistema de recarga

En la Figura 4.1 se puede apreciar la conexión entre todos los elementos del sistema de recarga, así como sus funciones. Aunque este sea un esquema general de los componentes que pueden existir en un sistema de recarga no todos los puntos de recarga tienen porque estar dotados de todas estas partes. Como principal ejemplo tenemos los puntos de carga en los que se realiza gestión individual, aquellos puestos en domicilios individuales o incluso los que se instalan en parkings comunitarios pero en propia plaza para su uso individual.

Para que todo lo explicado anteriormente funcione de forma adecuada se necesita la colaboración de una compañía eléctrica que sirva de fuente de energía y se encargue de distribuir la energía entre los distintos puntos de carga. Otra compañía que debe intervenir en el proceso es la que se encarga de instalar los puntos de recarga y de su posterior mantenimiento, donde también se tendrá que desarrollar una interfaz a través de la cual el usuario pueda interactuar y mostrar sus solicitudes.

4.3 Punto de carga

El punto de carga tiene la función de enchufe para los coches eléctricos, es la parte física que interviene en la recarga, donde se produce el suministro de energía para recargar la batería. Según la clasificación del punto de recarga, como ya se ha explicado, estos pueden ser inteligentes y estar ligados a un sistema de gestión con distintos puntos de carga, o bien pueden ser individuales y que el usuario realice su propia gestión.



Figura 4. 2 Poste de recarga

Además, los puntos de recarga no tienen por qué ser postes o pivotes como el de la Figura 4.2, también pueden ser cajas o equipos pegados a la pared en parkings privados o viviendas unifamiliares.

Todos los puntos de carga están dotados de las tomas de corriente para suministrar la electricidad. Un sistema para comunicar el estado de la carga al usuario, bien puede ser en forma de led luminoso o de una pantalla. El botón/interruptor para dar comienzo y final al proceso de carga y un regulador electrónico para medir cómo va la carga.

En este apartado se comentarán los distintos tipos de recarga donde se verá que los tiempos de recarga no tienen por qué ser siempre los mismos, los modos de recarga donde también intervienen más factores a parte del vehículo y el punto de carga, y por último los tipos de conectores que hay para la carga.

4.4 Tipos de recarga

Los tipos de recarga se clasifican según la intensidad del suministro. Con una alta potencia en el suministro la recarga se obtiene menores tiempos de carga, aunque la mayor potencia pueda suponer unos gastos mayores o pueda resultar perjudicial para la batería. Las tomas de corriente utilizadas en Europa pueden llegar a suministrar hasta 230 Voltios y 16 o 32 Amperios.

Para hogares y puestos de trabajo la recarga lenta es la más utilizada, sin embargo, en países como Estados Unidos se ha prohibido la recarga de los vehículos eléctricos en enchufes domésticos no específicos. Esto se debe al elevado tiempo que necesitan para recargar las baterías. Para una batería de un coche eléctrico normal de unos 25 kWh se puede tardar entre 8 y 12 horas en su recarga doméstica. El problema viene en que a medida que se desarrolla el coche eléctrico y su autonomía, las baterías van



aumentando su capacidad y, por consiguiente, los tiempos de recarga aumentan a la par. En la actualidad se tiene el Renault ZOE con una batería de 41 kWh y se espera que en 2017 salga un Opel con una batería de 60kWh. [16] Y [17]

4.4.1 Recarga lenta o convencional

La recarga lenta o convencional se trata del tipo de recarga más común, en parte porque es el tipo de recarga recomendada por el fabricante, y también porque es el mismo tipo de recarga que se utiliza para cualquier dispositivo eléctrico de consumo. Se emplea la misma capacidad de consumo que existe en los hogares, 230 V y 16 A, y consiste en un suministro de corriente alterna monofásica. De esta forma se consigue emitir una potencia de 3,68 kWh.

Considerando que hay pérdidas en la recarga, en 10 horas se habrán suministrado un poco menos de 36,8 kW. Suponiendo que una batería media tiene unos 25 kW se tardará más o menos unas 7 horas en la carga del coche en estos tipos de puntos. Dado el elevado tiempo en la recarga este tipo de puntos de recarga es óptimo para los domicilios y los puestos de trabajo, lugares donde el vehículo permanecerá quieto durante un largo periodo de tiempo.

Teniendo en cuenta la duración del periodo de carga así como del precio de la electricidad el mejor momento para llevar a cabo este tipo de recarga es durante el periodo nocturno o las ya denominadas horas valle. Cuando la electricidad es más barata y supone un ahorro para el usuario.

El problema que se presenta en estos puntos de carga es que al no ser equiparable a una recarga de combustible en una gasolinera que se tarda unos dos minutos en recargar tu vehículo, es necesaria la planificación del usuario. Es el usuario el que en función de los viajes previstos debe planificar los momentos y lugares en los que recargar el vehículo.

Un avance realizado en estos puntos de carga durante los últimos años es su sistema de seguridad. El cual consiste en un sistema de bloqueo por si se intenta desconectar el conector y de un interruptor diferencial que permite un reenganche automático.

El sistema eléctrico actual nos permite llevar a cabo este tipo de recarga sin tener una demanda que no se pueda abastecer, tan solo habría que aumentar la producción de energía durante la noche.

4.4.2 Recarga semi-rápida

La recarga semi-rápida es capaz de doblar la potencia de carga y por tanto de disminuir a la mitad el tiempo de recarga. Se realiza con una tensión de 230 V y una corriente de 32 A. Lo cual implica una potencia de 7,36 kWh. Con este tipo de recarga el tiempo medio de recarga para un vehículo con una batería de 25 kW varía entre las 3 horas y media y las 4 horas.

Si se dispone de corriente alterna trifásica se pueden disminuir los tiempos de recarga hasta 1 hora utilizando 32 A y 400V, suministrando así una potencia de 22 kWh.

La principal ventaja es la reducción del tiempo de carga frente a la recarga convencional, además, no somete a la batería a elevadas temperaturas como hace la recarga rápida, por lo que se cuida mejor la batería y se puede conseguir una mayor vida útil.



Figura 4. 3 Punto de recarga convencional [16]

Estos puntos, como por ejemplo el representado en la Figura 4.3, tendrán el mismo sistema de seguridad que los puntos de recarga convencionales, con sistema de bloqueo e interruptores diferenciales.

En cuanto al emplazamiento de estos, el lugar óptimo es en parkings públicos y centros comerciales, así como en las vías públicas.

4.4.3 Recarga rápida

Lo más parecido que podemos encontrar al repostaje en una gasolinera para los vehículos eléctricos es la recarga rápida, con esta se puede tardar en recargar una batería de 25 kW entre 15 y 30 minutos. El suministro de corriente eléctrica es de 200 A y 400 V, por lo que se recarga a un régimen de 80 kWh.

El inconveniente de este tipo de recarga es que tan solo llega a recargar entre el 65% y 80% de la capacidad total de la batería, reservando el porcentaje restante para una recarga lenta y convencional que cuida mejor la batería. Esto es así puesto que la recarga rápida somete a la batería a altas temperaturas, por la alta potencia que se está transmitiendo, y es una medida de seguridad para evitar el agrandamiento de la batería o que se pueda quemar. En cuanto a los elementos de seguridad de estas “estaciones de servicio” serán los mismos que el resto de puntos de carga.

A falta de poder hacer un repostaje rápido en una gasolinera de unos 5 minutos como hemos venido acostumbrados hasta ahora, esta es la mejor solución que se puede adoptar. Siendo el mejor tipo de carga para instalar en las gasolineras y



estaciones de servicio en las carreteras, también pueden ser encontrados en las vías públicas o en centros comerciales, aunque estos últimos sean menos comunes.

El daño que sufre la batería con este tipo de recarga es una de las razones por las que hay que usar este tipo de recarga de forma ocasional y no de forma habitual, las baterías están diseñadas para una recarga convencional como se aconseja en su compra, pudiendo sufrir un prematuro envejecimiento. Otro punto en contra de estos sistemas de recarga es que la red eléctrica no está acostumbrada, es decir, sufriría problemas si todo el mundo empieza a utilizar este tipo de puntos. De este modo, uno de los objetivos de las compañías eléctricas en este ámbito es conseguir la capacidad de abastecer correctamente estas estaciones de carga. Por ello estas estaciones deben utilizarse solo para poder llegar a tu destino.

Asimismo, el precio de la implantación de estos tipos de recarga es elevado, sobre todo por los componentes eléctricos que deben soportar una potencia similar a la de 15 viviendas, siendo no asequible para particulares y normalmente financiado por grandes empresas.

Hay ocasiones en los que la intensidad del suministro no es la adecuada y llega menos potencia de la que debería por ello los tiempos de carga no deben ajustarse a unos tiempos fijos.

También, algunas compañías como “Telsa Motors” han diseñado sus propios modos de carga. Telsa Motors ha diseñado una carga denominada a si misma recarga súper-rápida, para su “Tesla Model S”, suministrando una potencia de entre 90 y 120 kWh, donde la recarga de unos 250 km de autonomía se realiza en unos 20 minutos.

La recarga ultra-rápida es algo patentado pero que apenas se usa, debe considerarse como algo experimental, se utiliza en vehículos eléctricos con supercondensadores, como autobuses eléctricos, consiguiendo su recarga en unos 5 minutos. No es apta para baterías de Litio, que no son capaces de soportar las elevadas temperaturas.

4.5 Modos de recarga

En este apartado se van a observar los modos de recarga que existen, ya que además del tipo de recarga en función del tipo de conector y la manera de enlazarlos puede tratarse de un tipo o de otro. [18] y [19]

4.5.1 *Modo 1. Corriente alterna*

En este modo de carga no hay conexión entre el vehículo y el punto de carga puesto que es el vehículo el que contiene un conector específico para realizar la carga. La toma de corriente es monofásica y de uso no exclusivo para el vehículo eléctrico, o lo que es lo mismo, se trata de un enchufe de pared convencional con un conector tipo Schuko. La conexión es de corriente alterna y utiliza la red doméstica. El coche se conecta a la red con una tensión permitida máxima de 16 A y una tensión inferior a

250 V, en España el suministro ofrece 230 V. Por este tipo de instalación se obtiene una potencia de 3,68 kW.

En el lado del vehículo el tipo de conector viene definido por el fabricante. Equivale a una recarga lenta, la que está prohibida en EEUU por no tener toma a tierra todas las instalaciones de este tipo y garantizar una mejor seguridad. Normalmente utilizado como modo de carga privado, en los domicilios unifamiliares y en parkings para su uso privado. En la Figura 4.4 podemos ver como se representa el modo de recarga 1 con un conector tipo Schuko.

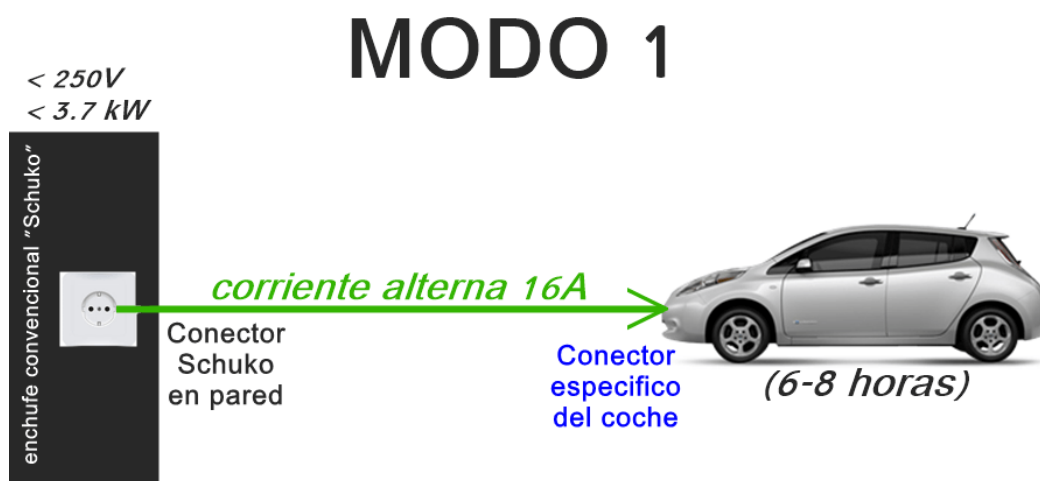


Figura 4. 4 Modo de recarga 1 [19]

4.5.2 Modo 2. Corriente alterna

En este modo de conexión que se realiza en corriente alterna hay un bajo grado de comunicación entre el vehículo y la pared, es el cable el que cuenta con un dispositivo intermedio de control piloto que verifica la correcta conexión del vehículo a la red de carga. El piloto de control intermedio cuenta con una clavija de protección diferencial que también verifica la conexión a tierra. Este piloto además de comprobar la correcta conexión sirve para elegir la velocidad de carga y activar o desactivar la recarga. La toma de corriente es estándar de uso no exclusivo, como lo es en el primer modo. Lo habitual es cargar utilizando 16 A pero también admite 32 A. También admite una corriente trifásica con 400 V y una potencia de 22 kW. En cuanto al conector, en la pared es de tipo Schuko. Por el otro lado el conector del coche puede variar, siendo el Mennekes el más común.

Este modo de carga sirve tanto para la recarga lenta como para la recarga semi-rápida. Nos lo encontramos representado en la Figura 4.5 con un conector tipo Schuko. Es el modo de recarga más utilizado debido a que con la compra del coche los fabricantes incluyen el cable con piloto de control. Sin embargo, en este año 2017 la unión europea quiere que este modo desaparezca y se convierta el modo 3 en el estándar.

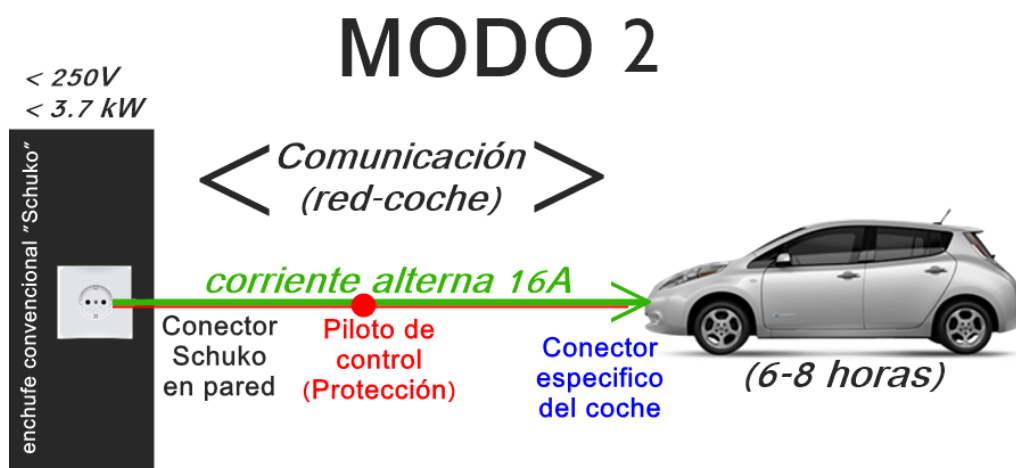


Figura 4. 5 Modo de recarga 2 [19]

4.5.3 Modo 3

La toma de corriente utilizada en este caso es de uso exclusivo para la recarga de los vehículos eléctricos. Consiste en un terminal llamado SAVE (Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico) o wallbox, que básicamente es el punto de carga, dispone un sistema de alimentación exclusivo para vehículos eléctricos. La comunicación entre el vehículo y el punto de carga es directa ya que es el cable el que controla la monitorización de la carga. El propio cable es el contiene un hilo piloto de comunicación y dispone de conectores especiales a ambos lados del cable. Estos conectores suelen ser Mennekes, Scame o SAE J1772.

Este modo de carga tiene capacidad para actuar en todos los tipos de carga, además de destacar por su seguridad. Las protecciones y dispositivos de control se encuentran dentro del propio punto de carga, el terminal monitoriza la carga y corta el suministro eléctrico cuando no detecta conector. Por eso es el modo de carga recomendado por los fabricantes.

Este modo permite intensidades de hasta 63 A, aunque lo normal son 32 A, pues se suele trabajar con una potencia de unos 7,4 kW. El mejor modo para parkings tanto públicos como privados, también el recomendado para los domicilios. Es el modo por el que apuesta la UE, que facilita el surgimiento de la Smart Grid.

En el problema que se plantea el coste económico que debe afrontar la ciudad para adaptar el coche eléctrico se hará teniendo en cuenta este modo de carga, puesto se cree que la normativa va a cambiar a favor de este modo de carga y es la más beneficiosa para la ciudad. Representado en la Figura 4.6, ya viene representado con un conector específico.

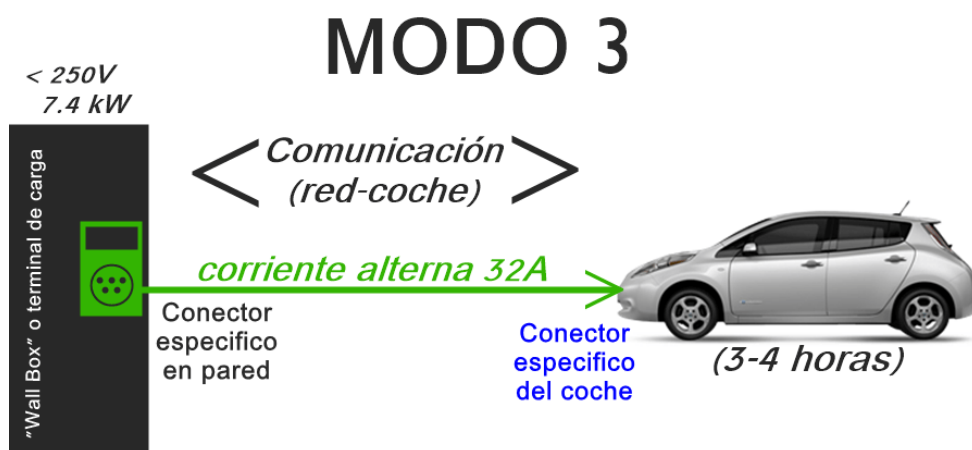


Figura 4. 6 Modo de recarga 3 [19]

4.5.4 Modo 4

En este modo de carga se transfiere corriente continua, y hay un elevado grado de comunicación entre el vehículo y la red de forma que se consiguen transferir grandes cantidades de potencia. El vehículo se conecta a una red de baja tensión a través de la estación llamada “electrolínea”, que mediante un conector externo se convierte la corriente continua en corriente alterna. Al realizarse la conversión fuera del vehículo se evitan problemas como el calentamiento o la pérdida de energía. Además la corriente continua permite transferir mayores potencias, por lo que es el modo para realizar la recarga rápida. La intensidad de corriente que es capaz de albergar este modo de carga es de hasta 400 A, con una potencia máxima de 240 kW, aunque lo normal es que esta potencia sea más baja.

Las funciones de protección y control están instaladas en la infraestructura de recarga, que también contiene el cable. El cable al igual que en el modo 3 tiene sus conectores específicos. El conector por el lado del coche es un conector CHAdeMO, específico para corriente continua, otro tipo de conectores pueden ser el CCS Combo o el SAE J1772. Representado en la Figura 4.7.

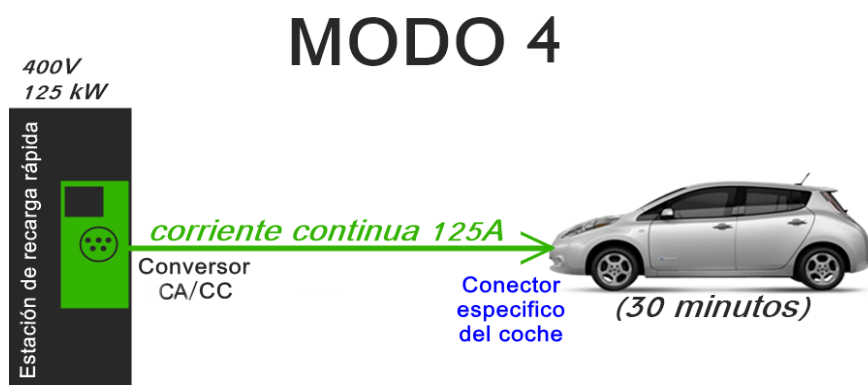


Figura 4. 7 Modo de recarga 4 [19]

4.6 Tipos de conectores

Una vez comentados los tipos y modos de recarga se ha comprobado que cada combinación de recarga se realiza con un conector diferente. Debido a la novedad que resulta esta tecnología no existe ningún tipo de conector estandarizado para la recarga de vehículos. Los principales son: [18] y [20]

4.6.1 Schuko

Se trata de una toma como la de cualquier hogar (Figura 4.8), responde al estándar CEE 7/4 Tipo F compatible con las tomas de corriente europeas. Consta de dos bornes y toma a tierra, es capaz de soportar corrientes de hasta 16 A. debido a su poca capacidad de amperaje solo resulta apto para recargas lentas. Muy común en algunas motocicletas y algún coche como el Renault Twizy [21].



Figura 4. 8 Conector Schuko [20]

4.6.2 SAE J1772

El conector SAE J1772 o también conocido como Yakazi (Figura 4.9), se trata del conector estándar adoptado por los americanos y también adoptado en la Unión Europea. Específico para la corriente alterna, por lo que se descarte para el modo 1. Mide 43 mm de diámetro y está constituido por 5 bornes, dos de corriente, dos complementarios y uno de tierra. Acepta dos niveles de corriente:

- 16 A para recarga lenta
- Hasta 80 A, para una recarga rápida o semi-rápida.



Figura 4. 9 SAE J1772 [21]

4.6.3 Mennekes

Se trata de un conector alemán de tipo industrial, VDE-AR-E 2623-2-2, aunque no sea específico para vehículos puede adaptarse su uso, Figura 4.10. Mide 55 mm de diámetro y está constituido por 7 bornes, 4 para corriente trifásica, uno de tierra y dos para comunicaciones que permiten bloquear el contacto, lo cual resulta útil como medida de seguridad, tanto para robo como para protección del propio usuario. Al igual que el SAE J1772 admite dos niveles de corriente:

- 16 A, para la recarga lenta.
- Hasta 63 A, (43,8 kW) para recarga rápida o semi-rápida.



Figura 4. 10 Mennekes [21]

4.6.4 Conector único combinado

Conector propuesto por alemanes y americanos como solución estándar. Dispone de cinco bornes, para corriente, toma de tierra y comunicación con la red. Admite recargas rápidas y lentas. Representado en la Figura 4.11.



Figura 4. 11 Conector único combinado [20]

4.6.5 Conector ScaMe

Al conector ScaMe (Figura 4.12) también se le conoce como EV Plug-in Alliance, el más impulsado por fabricantes franceses. Dispone de cinco o siete bornes, en función de si se utiliza para corriente monofásica o trifásica. Con toma a tierra, admite hasta 32 A para recarga semi-rápida. Dispone de mayor seguridad que el Mennekes pues esta dotado de obturadores de protección, que impiden al usuario acceso a zonas de alta tensión, además dispone de una tapa para cuando está desenchufado.



Figura 4. 12 Conector ScaMe [20]

4.6.6 Conector CHAdeMO

El mas utilizado por fabricantes japoneses, utilizado para recarga rápida en corriente continua modo 4, Figura 4.13. Debido a que se utiliza para la recarga rápida, dispone de 10 bornes, con toma de tierra y comunicación. Admite hasta 200 A, y es el de mayor diámetro.



Figura 4. 13 CHAdeMO [20]

4.7 Nuevas tecnologías para las recargas

Además de los modos de recarga ya mencionados, se están desarrollando constantemente diversos tipos de recarga [22]. Estos nuevos tipos de recarga buscan una recarga sin la necesidad de conexión mediante cables, como eran las anteriores, donde se disponía de una fuente y una conexión por cable al vehículo. Estos nuevos modos de recarga vienen pisando fuerte como opciones de futuro:

4.7.1 Recarga inductiva

Consiste en una recarga inalámbrica por inducción magnética o microondas. Sin duda uno de los mercados más prometedores. El desarrollo de este tipo de cargas ya está implementado para pequeños aparatos electrónicos como los teléfonos móviles, en cuanto al desarrollo para recarga de vehículos tanto las eléctricas como las empresas fabricantes de estos cargadores ya están trabajando para su desarrollo.

El sistema trata de un acoplamiento inductivo de transferencia de energía a través del aire. El sistema está formado por dos bobinas eléctricamente aisladas y acopladas magnéticamente a través del aire que pueden transferir energía sin contacto, por medio del aire con unas pérdidas mínimas. La idea consiste en un emisor situado en el suelo (Figura 4.14), capaz de transmitir la energía al vehículo que se sitúa sobre él. [23]

El sistema resulta mas seguro que los de carga por cable, además no es necesario bajarse del vehículo para realizar la carga. Otro punto a favor es el impacto visual que puede generar el punto de carga, además de este modo se dificulta el robo. Sin embargo, como inconveniente, la instalación puede resultar más costosa.

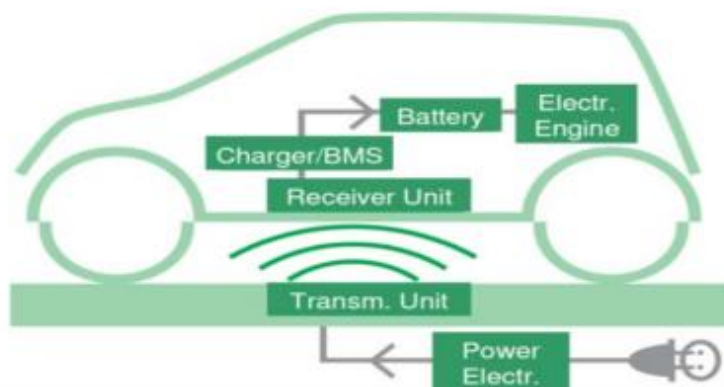


Figura 4. 14 Recarga inductiva [23]

Dentro de la recarga por inducción nos encontramos ante otro tipo de recarga que ha surgido el último año. Se trata de la recarga inductiva mientras el coche se encuentra circulando. la idea consiste en que la calzada por la que se desplace el coche este repleta de bobinas a través de las cuales se pueda enviar energía al vehículo. Aunque sería la mejor de las soluciones para el desarrollo del vehículo eléctrico, también resulta la más costosa. La infraestructura necesaria para este tipo de recarga requiere una nueva construcción de todas las carreteras, pero no solo eso, también se

requiere la instalación de las bobinas, lo que nos llevaría a unos precios desorbitados. En la figura 4.15 podemos ver como se realizaría la recarga. [24]

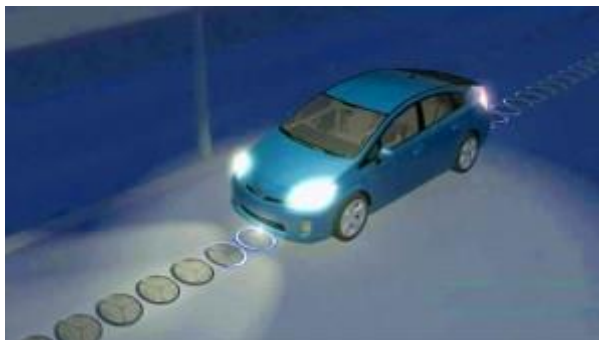


Figura 4. 15 Recarga inductiva en movimiento [24]

Antes del completo desarrollo y de comenzar a utilizarla deben superarse ciertos problemas como posibles calentamientos del automóvil, que conlleva a problemas de seguridad, posibles pérdidas en la transmisión su impacto en el resto de sistemas electrónicos. Asimismo, no todos los vehículos eléctricos cuentan con la posibilidad de recarga inductiva.

En la provincia de Vizcaya ya se cuenta con un punto de recarga inductiva, instalado por Tecnalía, sin embargo, su funcionamiento no ha resultado del todo exitoso.

4.7.2 Cambio de baterías

Como su propio nombre indica, consiste en la sustitución de la batería del vehículo por otra cargada al 100%. Sin embargo, en la mayoría de coches eléctricos, la batería se encuentra en la parte inferior, por lo que no resultaría rentable desmontar el vehículo por realizar una recarga. Este modo de recarga está implementado por algunos fabricantes como Renault, pero teniendo que realizarse el intercambio en un centro especializado. Actualmente existen modelos de Tesla S diseñados para realizar el intercambio de batería.

La desventaja de este modo de recarga se encuentra en el precio, pues un cambio de batería resulta más caro que la recarga convencional, si además, se le suma la baja disponibilidad de centros donde poder llevar a cabo esta operación se trata de un modo de recarga difícil de realizar y que no se utiliza de modo habitual.

Aunque esta forma de recarga probablemente resulte más rentable en el sector de las motocicletas y bicicletas.

De este capítulo cabe analizar globalmente cuales son los mejores tipos de recarga y cuales se pueden estandarizar. El análisis de Leganés se realizará a partir de estos tipos de recarga, según la ITC BT-52 el modo de recarga que recomiendan los fabricantes es el modo 3, por lo que se utilizará este modo para la instalación de puntos de carga tanto en viviendas unifamiliares como en parkings públicos o privados. Para los cuales se utilizarán los conectores SAE J1772, Mennekes, o Scame. En cuanto a



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

la recarga rápida que tendrá lugar en las estaciones de servicio se realizará a través del modo 4 con un conector CHAdeMO.

CAPÍTULO 5. BATERÍAS

5.1 Introducción a las baterías

La batería es una de las grandes diferencias de los vehículos de combustión respecto de los eléctricos, mientras que en los vehículos de combustión la batería solo se utiliza para ciertas aplicaciones, véase el encendido del vehículo, en los eléctricos la batería interviene en todas sus funciones. Aunque ahora la mayoría de vehículos eléctricos vienen equipados con dos baterías, una para proporcionar energía al vehículo y otra para dispositivos eléctricos, aplicaciones, radios... [25]

Sin lugar a dudas, el tema de las baterías y la autonomía que estas pueden otorgarle al vehículo eléctrico se trata del hándicap de los constructores de este tipo de vehículos. De este modo, el aumento de la capacidad de almacenamiento energético es considerado como solución para la mejora de la eficiencia, fiabilidad y adaptación de los vehículos eléctricos.

Las baterías almacenan energía mediante procesos electroquímicos, se basa en un proceso reversible llamado reducción-oxidación (redox) [26]. Sigue dos procesos fundamentales, la carga y la descarga, estos se producen por el intercambio de electrones entre el ánodo y el cátodo. De esta manera la fluencia de electrones forma un circuito y origina una corriente. En la descarga el ánodo pierde electrones a favor del cátodo, produciéndose el proceso contrario en la carga, que el elemento que se oxida y pierde electrones es el cátodo. Sin embargo, en este proceso se producen pérdidas, las baterías no son elementos ideales, y la energía que se carga en la batería no se obtiene totalmente cuando se descarga. Además, las reacciones de reducción y oxidación no son infinitas, ya que los electrodos se debilitan con el tiempo. Por ello los coches eléctricos tienen una vida limitada.

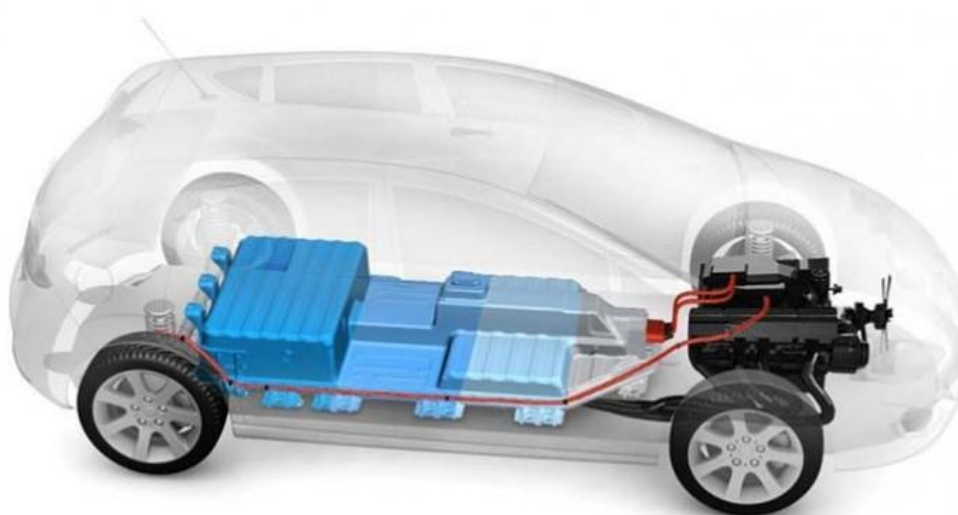


Figura 5. 1 Situación de la batería en los vehículos eléctricos [27]



Este tipo de baterías existen desde hace más de 100 años, las primeras fueron las de Plomo-ácido, la cual sigue siendo muy utilizada, aunque con ciertas modificaciones. Son muy comunes como baterías de arranque en vehículos convencionales puesto que son capaces de suministrar elevada potencia con gran rapidez, en cambio para los vehículos eléctricos no son recomendables por su baja potencia. Años más tarde se desarrollaron las que utilizaban Níquel, con la batería de Níquel-Cadmio. Esta batería otorga un gran rendimiento, pero presenta inconvenientes como el peso del cadmio y su alto precio, razones por las que se dejó de usar. Pero ya es en este siglo cuando se ha comenzado el estudio exhaustivo de las baterías, con el objetivo del desarrollo del vehículo eléctrico. Mediante el uso de diversas aleaciones de metales se están obteniendo unos mejores rendimientos de las baterías. En la actualidad la batería de Litio-Ión supone la tecnología más desarrollada en los pequeños aparatos electrónicos y plantea buenas soluciones para los vehículos eléctricos.

En los vehículos eléctricos no tenemos depósito de combustible, por lo que ese espacio estará ocupado por las baterías, que se encuentran en la parte inferior del vehículo, como se muestra en la Figura 5.1. Localización que además favorece la recarga inductiva explicada en el apartado 4.7.1.

5.2 Baterías actuales

Dentro del mercado de las baterías, la batería de Plomo-ácido sigue siendo la más usada, alrededor de un 80% de los vehículos eléctricos utilizan estas baterías como baterías secundarias. En cuanto al sector de los vehículos híbridos, las baterías de Níquel-Hidruros metálicos cubren casi la totalidad de los vehículos. Adentrándonos en los vehículos eléctricos enchufables las baterías de Litio-Ión han irrumpido con gran fuerza, aunque se trata de un claro sector a mejorar ya que estas baterías son las que se usan en los pequeños aparatos electrónicos como pueden ser los móviles y ha quedado demostrado que tienen una escasa vida para ser parte de un vehículo. [25]

5.2.1 Níquel-Hidruros metálicos

Este tipo de baterías se trata de una modificación de las baterías de Níquel-Cadmio donde los elementos electroquímicos negativos son aleaciones de metales que sustituyen al cadmio. Abaratando de este modo el precio y eliminando los problemas medioambientales que el cadmio pueda suponer. Este tipo de pilas se diseñaron para aplicaciones portátiles que requirieran de mayor densidad de energía, con una alta potencia, rápidas cargas y descargas y gran vida útil. Se utilizan en aplicaciones donde tengan que soportar gran temperatura como sistemas de emergencia y fotovoltaicos. [25] En los últimos años se han estado utilizando este tipo de baterías en paralelo.

Estas baterías las podemos encontrar en vehículos como el Toyota Prius o el Honda Inshigt, donde su recarga se puede realizar entre 1 y 3 horas. Debido a su baja autonomía en vehículos eléctricos puros (entre 80 y 100 km) hace que sean más adecuadas para híbridos que para eléctricos, que sean baterías de uso temporal. [28]



5.2.2 Litio-lón

Se trata de la tecnología electrónica portátil más utilizada. Aunque se comenzó a trabajar en ella a principios de 1900 no fue hasta 1970 cuando comenzaron a comercializarse debido a problemas de seguridad, el litio es un metal inestable durante el proceso de carga. Los primeros investigadores utilizaron el metal de lito, pero hasta que no se empezó a utilizar los iones de litio la batería no resultó útil.

El litio es el metal más ligero de todos, con el mayor potencial electroquímico y proporciona la mayor densidad de energía. Es la más utilizada en la actualidad y la que tiene un futuro más prometedor. [29]

Las baterías de lón-litio son más ligeras, pueden almacenar más carga y durante más tiempo que las de níquel del mismo tamaño. Además, la densidad que ofrecen es el doble.

En cuanto a las ventajas que ofrecen las baterías de ión-litio:

- Bajo mantenimiento, no necesita descargas periódicas.
- Alta densidad de carga, donde cada diseño tiene mayores potenciales.
- No necesita carga prolongado cuando son nuevas, una carga regular es suficiente.
- Baja autodescarga, la autodescarga es menos de la mitad en comparación con las baterías de níquel, alrededor de un 5%. Haciendo de estas baterías las adecuadas a nivel de combustible moderno.
- Bajo peso.
- Alta durabilidad.
- Alto voltaje por celda (3,7V).

Las limitaciones son:

- Requiere de un circuito de protección para controlar la tensión y la corriente dentro de unos límites de seguridad. El circuito de protección limita la tensión por pico de cada celda durante la carga y evita la bajada excesiva del voltaje durante la descarga. También lleva a cabo un control de la temperatura.
- Después del primer año se produce un notable deterioro de la capacidad de la batería, este deterioro es independiente del uso. A los 2 o 3 años tiene fallos frecuentes.
- De difícil transporte.
- Alto precio.
- Problema con las temperaturas extremas, se produce una disminución de sus capacidades en condiciones extremas, por lo que suelen incluir sistemas de refrigeración.

Estas baterías tienen una vida de hasta 1000 ciclos de recarga, en 2011 ya se consiguieron baterías de litio con una autonomía de 150 Km. Las actuales aguantan en torno a los 220 Km.



5.2.3 ZEBRA

Formadas por sodio en el electrodo negativo y cloruro de níquel en el positivo y una membrana de alúmina cerámica como electrolito. Su principal inconveniente resulta su funcionamiento a temperaturas elevadas.

Cuando no están siendo utilizadas estas baterías tienden a permanecer en caliente, por lo que estas listas para su uso cuando se requiera, en cambio si se enfrían, tarda alrededor de unas 12 horas en restaurar la temperatura deseada. Este resulta su mayor inconveniente, después de la parada de la batería la batería necesita unos 3-4 días para ofrecer plenamente su carga. [30]

5.3 Baterías en desarrollo

Como ya se ha mencionado anteriormente, las baterías suponen uno de los mayores desafíos del sector del transporte eléctrico. Las baterías a las que se aspiran han de disponer de:

- Mayor capacidad de energía.
- Vida más larga.
- Recarga más rápida.
- Mayor rango de temperaturas
- Fiabilidad.
- Autodescarga mínima.
- Menor coste.

5.3.1 Baterías sodio beta

Muy parecidas a las ZEBRA, pero utilizan sodio en lugar de níquel. Son más baratas que el resto, alto ciclo de vida y alta densidad de energía, sin embargo, tiene problemas de temperatura, seguridad, y al igual que las ZEBRA, si pierden temperatura pueden tardar varios días en poder recargarse al completo. [25]

5.3.2 Baterías Metal-Aire

Debido al alto coste de la batería de litio-ión (en torno a un 50% del precio del vehículo), se opta por otras combinaciones de metales que rebajen el precio. El metal-aire está resultando como una de las mejores tecnologías para bajar el precio de los vehículos. Esta tecnología tiene una diferencia fundamental con el resto de tecnologías, se trata de sistemas abiertos, lo que quiere decir que se tiene un contacto directo con el aire.

El aire actúa como cátodo para la reacción electroquímica. La utilización del aire como componente de las baterías supone una ventaja en el peso. [25]



5.3.3 Litio-Aire

Dentro de las baterías Metal-aire son las que mayor densidad de energía han mostrado, entre cinco y diez veces mayores que las baterías litio-ión. Hay cuatro tipos de baterías de litio-aire en función del electrolito. Con electrolito no acuoso, acuoso, sólido y mixto. Aunque muchas de ellas tienen problemas como descargas incompletas por el bloqueo de poros, inestabilidad del litio metálico o catalizadores no adecuados. [25]

5.3.4 Aluminio-Aire

Se denominan pilas de combustible pues los electrodos de metal se deben sustituir una vez gastados. Su principal ventaja es la capacidad de almacenamiento, hasta diez veces mayor que las baterías ión-litio, y la mayor densidad energética del mercado. Se encuentran en desarrollo y no han tenido éxito en el mercado por sus problemas de fiabilidad y de recarga. [26]

5.4 Supercondensadores

Otro elemento capaz de almacenar energía electroquímicamente. Destaca por su gran potencia, la cual la pueden entregar y recibir.

Se agrupan en módulos conectados en serie, de forma parecida a las baterías. Al disponer baterías y supercondensadores a la vez la gestión electrónica del funcionamiento del vehículo se complicaría, pero permite aprovechar las ventajas de ambos. Los supercondensadores son capaces de liberar toda su energía a la vez, para ocasiones en las que la potencia requerida por el motor es elevada, como en los arranques o pendientes.

A su vez son capaces de recuperar la carga en las frenadas más potentes, aquellas que las baterías no son capaces de aprovechar. Es lo que se conoce como frenada regenerativa, al accionar el freno, en el primer tramo se utiliza solo la capacidad de frenada del motor eléctrico. Energía que se aprovecha en los acumuladores. Si se frena con más ímpetu, entran en juego los frenos mecánicos convencionales. [28]

CAPÍTULO 6. PARQUE AUTOMOVILÍSTICO

6.1 Características del parque automovilístico

La tendencia del parque automovilístico es a ir envejeciendo, esto se debe al estancamiento en la venta de coches que hay en los últimos años, la tendencia actual (Figura 6.1) es a la de mantener el coche lo máximo posible, por el contrario, el objetivo de la mayoría de organizaciones que componen el estado y velan por un mundo con menor contaminación para un desarrollo sostenible es la sustitución del parque automovilístico actual a uno en el que predominen los vehículos eléctricos.

La edad media del vehículo actual es de unos 11,6 años, un dato que hasta por lo menos 2020 no empezará a descender. Además, en cuanto a turismos, un 55% tiene más de diez años, algo que ha aumentado en los últimos años. [31]

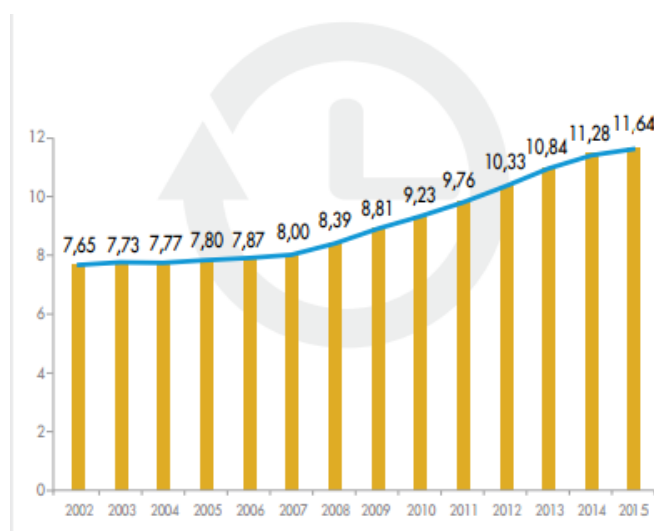


Figura 6. 1 Edad media del Parque [31]

Otro dato que también ha aumentado es el porcentaje de coches en relación a personas, bien puede deberse a un aumento de la venta de coches o a una disminución de la población. Hay un coche cada 2,08 personas, teniendo en cuenta la población menor de edad, los adultos sin carnet, y los ancianos no aptos para conducir se obtiene casi un coche por persona.

El parque automovilístico español está dotado de casi 28 millones de vehículos. Centrándonos en la comunidad de Madrid, se encuentran matriculados 4.230.485 vehículos, de los cuales 3.256.265 son turismos.

En cuanto a coches eléctricos se refiere, en 2014 había en España 6.780 coches eléctricos, y se calcula que para finales del presente año ya haya unos 18.000.

En el año 2016 se ha registrado un crecimiento del 177,5% en la venta de vehículos de tecnología eléctrica, por otro lado, el mercado de los híbridos ya representa un



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

2,5% del parque y un total de 11.172 unidades matriculadas en la primera mitad de 2016.

A la hora de estudiar el parque automovilístico de la ciudad de Leganés se consultan los datos de la DGT (Dirección General de Tráfico) sobre este municipio:

Resultado de la búsqueda Parque distribuido por tipo de vehículo, carburante y municipio.

Municipio residencia	Tipo de Vehículo	Carburante	Total
TOTAL	TOTAL	TOTAL	84.424
	TURISMOS	TOTAL	84.424
Leganés	TURISMOS	TOTAL	84.424
		Biodiesel	2
		Butano	5
		Diesel	52.933
		Eléctrico	21
		Gas Licuado de Petroleo	65
		Gas Natural Comprimido	4
		Gasolina	31.392
		Otros	2

Figura 6. 2 Parque Leganés [32]

Antes de comenzar el análisis ya se puede observar que en Leganés ya existen 21 coches eléctricos matriculados, estos coches ya deben tener sus propios puntos de carga, ya pueden ser en viviendas particulares como en edificios, también puede haber algún punto de carga en la calle. Los puntos de carga ya existentes es algo que también se estudiará. Sin embargo, ante la imposibilidad de saber en qué zona se encuentran estos 21 coches eléctricos en el estudio no se tendrán en cuenta.

6.2 Emisiones del vehículo eléctrico

Actualmente las emisiones del parque automovilístico español son superiores a las permitidas por las leyes vigentes. Para reducir estas emisiones en otros países ya se han tomado medidas debido a la alta contaminación que hay, y este último año ya se han comenzado a ver en nuestro país, como bien pueden ser la reducción del límite de velocidad para reducir las emisiones o incluso imponer una restricción de matrículas para que no puedan circular todos los vehículos. En otros países se han llegado a poner tasas para acceder al centro de la ciudad y se han sustituido taxis y camionetas contaminantes.

Sin embargo, el objetivo final es lograr las cero emisiones, o las menores emisiones posibles, y un paso claro para esto es la implantación del vehículo eléctrico.

Lo que se dice es que el coche eléctrico es de cero emisiones locales, pues no está dotado de tubo de escape ni “echa humo”, pero no se puede decir que sea de cero emisiones locales, pues la energía que necesita para moverse se genera de algún modo, el cual puede tener más o menos emisiones.

De este modo las emisiones de los vehículos eléctricos, no solo de los coches dependen del sistema eléctrico del país en el que se encuentre, a razón de cómo se genera su electricidad.

Para centrar el trabajo se va estudiar el mix energético español. A continuación, se adjuntan los datos del mix energético español de enero de 2017 (Figura 6.3) sacados del sistema de red eléctrico español.

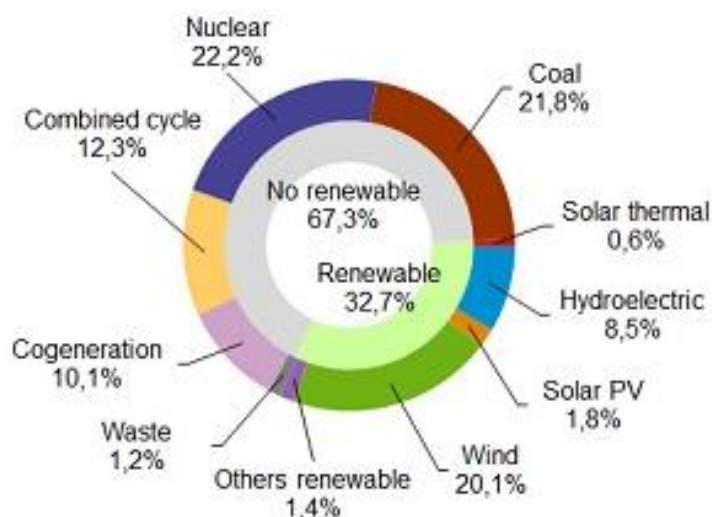


Figura 6. 3 Mix energético español [33]

En la figura 6.3 se puede observar que un 32,7% de la producción proviene de energías renovables, estando a la cabeza la energía eólica con un 20% de la producción. Sin embargo, la energía eólica lleva a ese nivel de producción varios años, mientras que la energía solar tiene menos producción este mes, probablemente por tratarse de un mes de invierno. En cuanto a la energía hidráulica ha aumentado a un 8,5%, una energía que había perdido peso los años anteriores. [33] y [34]

Evolución del factor de emisión asociado a la generación de energía eléctrica

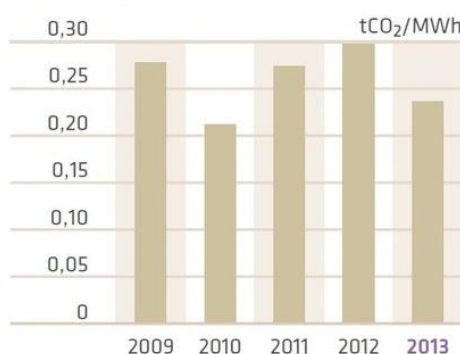


Figura 6. 4 Emisión-Generación [35]

Así se tiene que en España con un mix energético muy repartido donde además hay un gran porcentaje de la producción procedente de las energías renovables la emisión de los vehículos eléctricos es menor, cuantas más energías renovables y más energía nuclear menor será la producción de CO₂ de los vehículos eléctricos. Por ejemplo, Francia que tiene alrededor de un 70% de la producción de energía de centrales nucleares que no emiten CO₂ tiene muy pocas emisiones de CO₂ por KWh, alrededor de 110 g de CO₂/KWh. Sin embargo, en Alemania las emisiones de CO₂/KWh están alrededor de los 600g de CO₂/KWh debido al gran porcentaje de energía procedente del carbón. Como se puede observar en la Figura 6.4, en 2010 que hubo un pequeño porcentaje de producción con carbón las emisiones fueron menores. En cambio, en 2011 y 2012 debido a una fuerte demanda eléctrica, estos porcentajes de producción de carbón subieron.

Con los datos del sistema de red eléctrico español de 2015, España produjo alrededor de 302 g de CO₂/KWh, sin embargo, este coeficiente, aunque no se puede saber exactamente, con el cambio de tipo de producción de energía y una mayor apuesta por la renovables se puede calcular entorno a los 250 g de CO₂/KWh en 2017.

Una vez estimadas estas emisiones se puede pasar a calcular lo que emite un vehículo eléctrico, y se hace comparando el consumo mixto de varios vehículos eléctricos. [35].

Eléctrico	
Modelo	Consumo [kWh/100Km]
Renault ZOE	12,2
Citroën C-Zero	12,6
BMW i3	12,9
Smart Fortwo eléctrico	15,1
Media	13,205

Tabla 1 Consumo vehículos eléctricos

Se calculan las emisiones de co₂ por kilómetro.

$$250 \text{ g de } \frac{CO_2}{KWh} \times 13,205 \frac{KWh}{100km} \times \frac{1 \text{ km}}{100 \text{ km}} = 33,01 \text{ g de } \frac{CO_2}{Km}$$

Un dato de 33,01 g de CO₂/Km que cumple con la normativa que persigue la unión europea de intentar que sea inferior a los 95 g/km. De aquí cabe destacar que las emisiones que produzca el coche eléctrico dependen de la procedencia de la energía, siendo muy interesante la apuesta por las energías renovables e intentando disminuir al máximo posible la producción mediante el carbón.

Así pues, en un país con un mayor porcentaje de energía procedente del carbón el gobierno obliga a pagar más impuestos en el concepto de tasas de emisión, a mayor nivel de CO₂ más impuestos, lo que afectará al estudio tecnoeconómico en un ambiente global, ya que en cada país es igual.

6.3 Tarjeta de vehículo eléctrico

En la comunidad de Madrid los vehículos eléctricos a si como los híbridos enchufables están exentos de las limitaciones del servicio de estacionamiento en Madrid capital siempre que se identifique el vehículo con la “tarjeta cero emisiones”.

En cuanto a la tarjeta que se tiene que usar en los puntos de recarga para cargar tu coche eléctrico, lo cierto es que no existe una tarjeta universal que funcione para todos los puntos de recarga, sino que hay varias marcas y en cada punto se debe ir con la tarjeta de su marca (ejemplo Figura 6.5).

En los inicios del coche eléctrico en Madrid hubo una empresa llamada MOVELE que dominaba los pocos puntos de carga que había en Madrid. Posteriormente debido al bajo mantenimiento que esta empresa otorgaba a sus puntos de recarga fueron dos empresas IBIL y GIC las que se encargaron de remodelar y restaurar los puntos de recarga de vehículos eléctricos en Madrid. Además estos ofrecen una ventaja, que la tarjeta de una empresa te sirva para recargar en los puntos de la otra. [36]

En Leganés actualmente solo se dispone de 4 puntos de recarga, sin embargo, estos puntos son de marcas diferentes y no existe una tarjeta universal que pueda servir para recargar en todos los puntos. De ellas dos son de MOVELE, otra esta en una gasolinera Repsol y otra es de una empresa japonesa que ha llegado a un acuerdo con el ayuntamiento de Leganés para construir estas estaciones. [37]



Figura 6. 5 tarjeta vehículo eléctrico [37]



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

En otras ciudades como Barcelona existen tarjetas del vehículo eléctrico que ofrecen diversas ventajas como la recarga de tu vehículo en zonas públicas por cero euros o el estacionamiento gratuito si tu vehículo es 100% eléctrico.

Este capítulo será de utilidad en el futuro debido a que se ha realizado un estudio previo de los vehículos de Leganés. Así como el consumo de varios modelos de vehículos eléctricos.

CAPÍTULO 7. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE CARGA

7.1 Puntos de carga en garajes

Una vez explicados los puntos de carga y los modos de carga se procede a estudiar el modo más conveniente para cada lugar. Pues no será igual un punto de carga en una estación de servicio donde los coches no pueden estar mucho tiempo, al lugar donde duerme el coche o en el puesto de trabajo donde la estancia será mayor.

Adentrándonos en el tema de los garajes, los actuales usuarios de coches eléctricos deben de tener garaje con su propio punto de carga, pues la infraestructura de recarga en las vías públicas actualmente es escasa. Estos usuarios deben vivir en viviendas unifamiliares con su propio garaje y punto de carga o en bloques de viviendas con algún garaje comunitario donde se ha habilitado algún punto de carga.

Lo que suele suceder en España y especialmente en el caso de la ciudad de Leganés que es el ámbito que se va a estudiar, es que la mayoría de usuarios de vehículos tienen garajes comunitarios donde no es habitual tener acceso a enchufes, y en el extraño caso de tener un acceso a enchufes te enfrentas a dos problemas.

El primero consiste en que de existir un enchufe se trata de un enchufe tipo Schuko por lo que el modo de carga puede ser el 1 o el 2. Aunque ahora el modo de carga 2 es el más estandarizado la unión europea quiere hacer universal el modo de carga 3 con enchufes exclusivos para la carga de vehículos eléctricos, llegando a desaparecer los dos primeros modos. Por lo tanto, los enchufes tipo Schuko no son los recomendados ni por el fabricante ni por la UE y no se deben tener en cuenta a la hora de realizar nuestro estudio. Además, como se plantea un cambio de normativa realizaremos el cálculo tecnoeconómico con puntos de carga exclusivos para vehículos eléctricos. [38]

El segundo de los problemas que te encuentras ante los enchufes tipo Schuko que puedas encontrar en cualquier garaje privado, es que se trata de energía de la comunidad y resultaría injusto que se cargue el vehículo eléctrico con esa energía teniendo que correr toda la comunidad con los gastos de carga de su vehículo.

Una vez ignorados los enchufes tipo Schuko lo suyo es instalar una base mural de recarga, también conocida como wallbox, representada en la Figura 7.1. En ella se encuentra un conector específico para la recarga del vehículo, además las protecciones y dispositivos de control se encuentran dentro del propio punto de carga. Este conector es capaz de cargar a todas las velocidades de carga, aunque teniendo en cuenta que lo que se trata ahora son parkings de viviendas lo ideal sería una recarga lenta, que cuida más la batería y consigue unos mayores niveles de carga. Esta carga entonces lleva la misma energía que el sistema eléctrico proporciona a los hogares, con una tensión de 230 V y 16 A, proporcionando al coche 3,68 kWh.

Aunque parezca que el wallbox si se ajusta con la misma potencia que se suministra a los hogares pueda cargar a la misma velocidad que los enchufes tipo

Schuko es incierto, pues el conector tipo Schuko tiene más pérdidas y tan solo podrá transmitir una corriente de 10 A, suministrando una potencia de 2,3 kWh. Además, la wallbox contribuye a la formación de la Smart Grid.



Figura 7. 1 Punto de carga tipo Wallbox [38]

Para la instalación de estas Smart box o wallbox la solución es fácil, se trata de una instalación en una propiedad comunitaria, donde normalmente se necesitaría la aprobación por parte de la comunidad para poder realizarla. Sin embargo, la ley sufrió una modificación en 2009 para facilitar el acceso a los usuarios a este tipo de infraestructuras. El 23 de noviembre de 2009 se publicó en el BOE número 283 la Ley 19/2009 [10], de medidas de fomento y agilización procesal del alquiler y de la eficiencia energética de los edificios, y en su artículo tercero se modifica la Ley de Propiedad Horizontal para que no haya que someter la instalación de dichos puntos a la aprobación de una junta de propietarios.

Para su instalación simplemente hay que informar de manera escrita al presidente de la comunidad o administrador de la finca y guardar una copia con su sello y firma.

En estos momentos cuando no todo el mundo dispone de un vehículo eléctrico lo habitual es realizar una derivación de nuestra instalación eléctrica individual hasta la plaza de garaje, aprovechando el mismo contrato de suministro eléctrico de la vivienda. Esta derivación se realizará al propio contador de suministro de la vivienda o al cuadro general de mando de nuestra vivienda, desde donde se podrá cortar el suministro si se desea.

Lo más beneficioso para el usuario es realizar esa derivación al contador, que por norma general se encuentran en la planta cero. Como los parkings suelen situarse normalmente en la planta cero el número de metros de cable para la instalación será menor, lo que además conlleva un menor coste.

La ventaja de la segunda opción es que se puede tener un control directo de la línea que alimenta el punto de recarga desde la propia vivienda, pues se instalaría allí el interruptor automático y el interruptor diferencial, o incluso un pequeño contador,

programador, etc. La pega es que cuanto más alta se encuentre nuestra vivienda, más metros de cable se necesitarán para llegar hasta el punto de recarga.



Figura 7. 2 Wallbox en Garaje [38]

En cuanto al suministro, la derivación al contador es si se quiere una recarga lenta que requiera la misma energía que en el suministro del propio hogar. Si se requiere una mayor potencia será necesario contratar otro suministro. Para los casos donde la recarga sea lenta no será necesario otro suministro diferente, con contratar otra cuota fija sería suficiente. De hecho, en muchas ocasiones no será necesario aumentar la potencia contratada. Lo que hay que tener en cuenta es el grado de electrificación de la vivienda, pues se está realizando una ampliación de la electrificación existente.

¿Qué sucedería si la plaza de garaje no se encuentra en el mismo edificio? Sería otro caso a estudiar, pues no todo el mundo tiene un parking en su edificio, mucha gente tiende a alquilar una plaza en parkings municipales o en alguna vivienda cercana. Este caso también serviría para la gente que por problemas técnicos tampoco puede realizar la derivación anterior. Sería necesaria una propia instalación eléctrica en el garaje con un contador secundario, Figura 7.2, es decir habría que instalar un contador propio en el garaje y hacer la derivación a este contador.

En este caso la obra resulta mayor y ya sí que sería necesario que el dueño del parking o el conjunto de propietarios den su aprobación. El contador secundario servirá para que la comunidad de propietarios pase mes a mes la factura de la luz al dueño de la plaza.

Por el contrario, para las viviendas de nueva construcción su adaptación será mucha más sencilla. La ITC-BT-52 se trata de una instrucción técnica complementaria del reglamento electrotécnico de baja tensión, en ella se obliga a las viviendas de nueva construcción será obligatoria la predisposición de tubos y canales para albergar los cables de una instalación semejante a esta, o lo que es lo mismo, toda la infraestructura para la instalación de puntos de carga deberá ser construida. Esta normativa está vigente desde junio de 2015. [8]



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

El problema de estas instalaciones se encuentra en la unión de los circuitos, no se pueden enlazar circuitos entre sí, cada punto de carga debe tener su conexión independiente al contador. La alta carga que lleva cada línea hace imposible estos enlaces, se puede producir una sobrecarga, sobre todo si el tipo de carga es rápida, teniendo también en cuenta que no todos los usuarios utilizan la misma velocidad de carga.

En el caso de elegir tener dos contratos, uno para la electricidad de casa y otro para el punto de carga se pueden encontrar diversas variantes:

- **Gestor de carga:** el gestor de carga se trata de una compañía que costea la instalación, en lugar de que el usuario pague a la compañía eléctrica por el consumo, se puede hacer a través de un gestor de carga. Una empresa que, sin ser compañía eléctrica, se encarga de las soluciones de recarga de los vehículos, con la ventaja que de este modo puedes revender electricidad.
- **Instalación troncal:** esta variante consiste en un contador principal del que derivan contadores secundarios como puntos de recarga va a haber.

Instalación

Para los edificios previos a la nueva normativa por la que la preinstalación de los puntos de carga tiene que venir ya construida todos los costes deben ser pagados por el usuario. Aunque es probable que en un futuro cercano todas las viviendas que se construyan estén previstas de dichos puntos.

La instalación resulta algo relativamente sencillo, pues solo se ha de llevar un cable hasta la plaza de garaje. La distancia de cable a instalar ya depende de la plaza de cada usuario, la mayoría de viviendas tienen conducciones eléctricas empotradas. También se pueden utilizar los falsos techos. De no existir estas soluciones, en los parkings se pueden realizar nuevas conducciones. La ventaja que hay en los parkings respecto a otras zonas como la vía pública, es que estas conexiones pueden ser vistas, de hecho la mayoría son así. [38]

Una vez el cable llega a la plaza se coloca la base mural de recarga y si se considera necesario un cuadro de mando y protección.

Al tratarse el modo 3 del modo más óptimo para la recarga, se va a estudiar todo con wallbox. Unas vienen con cable, otras simplemente con toma de recarga, una o varias, con diferentes conectores o enchufes. Cada usuario debe elegir como quiere su punto de carga de acorde a sus necesidades. Lo más habitual es que las wallbox dispongan de un sistema de llave o de identificación por tarjeta para que ningún usuario robe energía a otro.

En cuanto al coste de la wallbox, puede variar en función de la empresa donde lo quieras comprar: [39]

Empresa	Coste (€)
LugEnerGy	1640,72
Holaluz	1020
Movelco	1304,14
Endesa	1300
Iberdrola	1350
Igeteam	1308
Circutor	1484
Media	1.343,83 €

Tabla 2 Coste puntos de carga lenta en garajes

Si se desea comprar alguna base mural que no cargue con el modo 3 puede encontrar bases murales más baratas, estas costaran entorno los 400 y 700 €.

Si se desea una recarga semi-rápida los precios incrementaran un poco:

Empresa	Coste (€)
Circutor	1681,34
Simon	1637
Igeteam	1633
Media	1650,45

Tabla 3 Coste puntos de carga semi-rápida en garajes

7.2 puntos de carga en viviendas unifamiliares

Los puntos de carga en las viviendas unifamiliares son los más simples que vamos a encontrar. Simples por el mero hecho del trámite necesario, no porque sean distintos al resto de puntos de carga. En las viviendas unifamiliares, ya sean chalets, adosados o cualquier otro tipo de vivienda que disponga de su propia plaza de garaje individual, con su garaje particular, la instalación es muy simple. Si el usuario quiere un punto de

carga lo pone y ya está, no es necesario estar de acuerdo con nadie ni pedir al ayuntamiento ninguna solicitud. [40]

Además, el precio de las wallbox será el mismo que para los parkings públicos o privados, por lo que no es necesario realizar un nuevo cálculo. La única diferencia respecto a estos anteriores es la disminución de los metros de cable necesarios. En el apartado de parkings comunitarios se ha estimado una media de 30 metros de cable, sin embargo, en las viviendas unifamiliares, la distancia va a ser claramente menor. Por esto mismo los precios de aquellas empresas como Endesa o Iberdrola que daban el presupuesto con la instalación se verá reducido al mínimo ofertado. [39]

<i>Empresa</i>	<i>Coste (€)</i>
Endesa	999
Iberdrola	1100
Lugenergy	950
Media	1016,33

Tabla 4 Coste punto de carga en viviendas unifamiliares

Lo ideal sería utilizar una simple caja o Wall box básica con modo de recarga 3 dotada de un cable y conector adecuado al vehículo eléctrico propio. Con una potencia de 3,7kW (16 A). Los puntos de carga programados con temporizadores donde se programa la hora de carga se han quedado anticuados, ya que esa función ya la incorporan los propios vehículos.

Dichos equipos también pueden ser válidos para casos como un hotel, restaurante, o centro comercial en el que la propiedad desea ofrecer un servicio adicional para conseguir posibles clientes.

7.3 Puntos de carga en vías públicas

Las estaciones de recarga rápida se consideran unas infraestructuras de servicio imprescindibles para conseguir un pleno desarrollo de la movilidad eléctrica. En las vías públicas y en las estaciones de servicio lo ideal serían puntos de carga rápida, para que el usuario pueda llegar, repostar en un corto periodo de tiempo (unos 15-30 minutos), y poder continuar con su trayecto. [41]

Muchos países están realizando grandes esfuerzos para dotarse de estas infraestructuras, en nuestro país, Málaga, Barcelona, Madrid y Baleares son los pioneros. Se utiliza el término electrolinera para definir lo que serían las estaciones de servicio actuales en el futuro.

Las estaciones de recarga rápida han sufrido una notable evolución en los últimos tres años y si bien se corresponden con equipos de exigencias y coste relativamente



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

elevado, dado que deben proporcionar prestaciones tan especiales como disponer de una potencia elevada para la recarga de un VE en un lapso de tiempo relativamente corto, comprendido entre los 15 y 30 minutos.

Si bien inicialmente la recarga rápida estaba restringida al modo 4 con conectores y protocolos especiales (CHAdeMO para vehículos japoneses y CCS-COMBO 2 para los europeos) con potencias de salida de unos 50 kW en corriente continua, actualmente también se puede contemplar que se ha extendido al modo 3, en corriente alterna con carga trifásica de 43 kW.

Sin embargo, en las vías públicas el problema que se encuentra es la inexistencia de mercado de estos puntos de carga. Ninguna marca conocida o consultada cuenta con estos puntos de carga, y en la actualidad, los puntos de carga que llenan las calles de nuestras ciudades son puntos de carga semi-rápida o de carga lenta. Claramente, este tipo de puntos son los que se deben desarrollar para el futuro.

El inconveniente de los puntos de recarga rápida son la alta tensión que requieren, lo que conlleva a la necesidad de un mayor número de elementos de seguridad, que acrecienta el precio. Todas las instalaciones de alta tensión son peligrosas, además, colocarlas en las vías públicas a simple vista es peligroso, por lo que sería necesario que estén bajo tierra.

El precio que se estima para estas infraestructuras ronda los 25000€. Aunque es solo un dato aproximado de presupuestos de distintos fabricantes.

En el estudio actual ante la imposibilidad de concretar el precio y el tipo de instalación requerida para los puntos de carga rápida, se pensará en los puntos semi-rápidos.

La ley en cuanto a vías públicas se refiere dice que: “Se deberán ejecutar las instalaciones necesarias para dar servicio a las estaciones de recarga ubicadas en las plazas destinadas a vehículos eléctricos que estén previstas en los Planes de Movilidad Sostenible supramunicipales o municipales”. Teniendo en cuenta que estamos diseñando una ciudad en la que solo existan coches eléctricos, debe haber un número de puntos de carga adecuados para abastecer todos los vehículos.

Al no estar especificado el número de puntos de carga en la vía urbana por población o por extensión se tomará el ejemplo de una ciudad en un país más desarrollado. En la capital de Noruega, en Oslo, hay 759 puntos de carga. Si tomamos en cuenta la superficie de Oslo que son 115km² y la de Leganés que son 43 km²:

$$759 \text{ puntos} \times \frac{43 \text{ km}^2}{115 \text{ km}^2} = 283,8 \approx 284 \text{ puntos de carga en leganes}$$

Los precios de los puntos de carga semi-rápidos en vía pública son:



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

<i>Empresa</i>	<i>Coste (€)</i>
Circutor	4108
Simon	6478,99
Igeteam	5092
Media	5226,33€

Tabla 5 Coste puntos de carga semi-rápida en vías públicas

7.4 Puntos de carga en estaciones de servicio

Para las estaciones de servicio se plantea el mismo problema que para las vías públicas, la inexistencia de mercado para puntos de carga rápida hace imposible el planteamiento de estas electrolineras. Por ello no se van a considerar las estaciones de servicio en el análisis. Se podrían plantear como puntos de carga semi-rápida como se ha hecho con las vías públicas, pero para ello ya existiría al lado un punto de carga en la vía pública.

Aunque no se consideren en el análisis cabe destacar que estas electrolineras deben tener varios puestos de carga rápida de automóviles, tal y como están los surtidores de gasolina hoy en día. Estos puntos de carga deberán abastecer con alta tensión, por lo que serán necesarios ciertos elementos de seguridad.

De este capítulo se plantea el tipo punto de carga que se utilizará en función de la disposición del barrio, ya sea un barrio formado por bloques de edificios o por viviendas unifamiliares. Así como los precios que resultan para cada tipo de punto de carga.



CAPÍTULO 8. ANÁLISIS ECONÓMICO

8.1 Estudio de Leganés

Para el estudio económico se ha elegido la ciudad de Leganés. Se calculará lo que es necesario invertir para que por la ciudad circulen coches eléctricos de la misma forma que circulan hoy en día coches Diesel o de Gasolina.

Para su adaptación a la ciudad se necesita la existencia de ciertos puntos de carga, al menos uno por coche, en el lugar donde duerme para poder realizar una recarga convencional del vehículo. Sin embargo, no sería un punto por coche suficiente, también debe haber algún punto de carga en la vía pública para los coches que se hayan desplazado a esa zona y tengan la necesidad de recargar su coche. Además, no todos los coches duermen en garaje, algunos duermen en las calles puesto que viven en una zona con gran disponibilidad de plazas en la vía urbana.

Otro lugar a estudiar será lo que se conoce actualmente como estaciones de servicio o gasolineras, que serán sustituidas por electrolineras. Donde debe haber al menos un número de puntos de recarga rápida equivalente a los puntos de repostaje que hay en cada gasolinera.

Para el estudio se ha dividido Leganés por distritos:

- | | | |
|-------------------|--------------------|-----------------------------|
| • Zarzaquemada | • Vírgenes | • Escritores |
| • El Carrascal | • Las Flores | • Campo de Tiro |
| • San Nicasio | • Descubridores | • Valdepelayo |
| • Leganés Norte | • V. Centenario | • Los Frailes |
| • Casco Histórico | • Derechos Humanos | • Vereda de los Estudiantes |
| • La Fortuna | • Las Batallas | |
| • Los Santos | • Arroyo Culebro | |

Una vez divida la ciudad en distritos se han de tener en cuenta las características del barrio, si se trata de un barrio de chalets o adosados con garajes particulares, se considerará que cada vivienda tiene su propio punto de carga. En cambio, en un barrio de edificios de pisos se supondrá que hay garajes comunitarios. Aunque no todo el mundo guarde su coche en garaje también hay multitud de plazas que las tienen alquiladas personas ajenas a la ciudad, por lo que se considerará a coche por plaza en esos barrios. A su vez en ambos tipos de barrios se dispondrá de una serie de puntos de carga en las calles, para la recarga ocasional.

En la Figura 8.1 se adjunta un mapa de la ciudad a partir del cual se trabajará en la distribución por barrios:

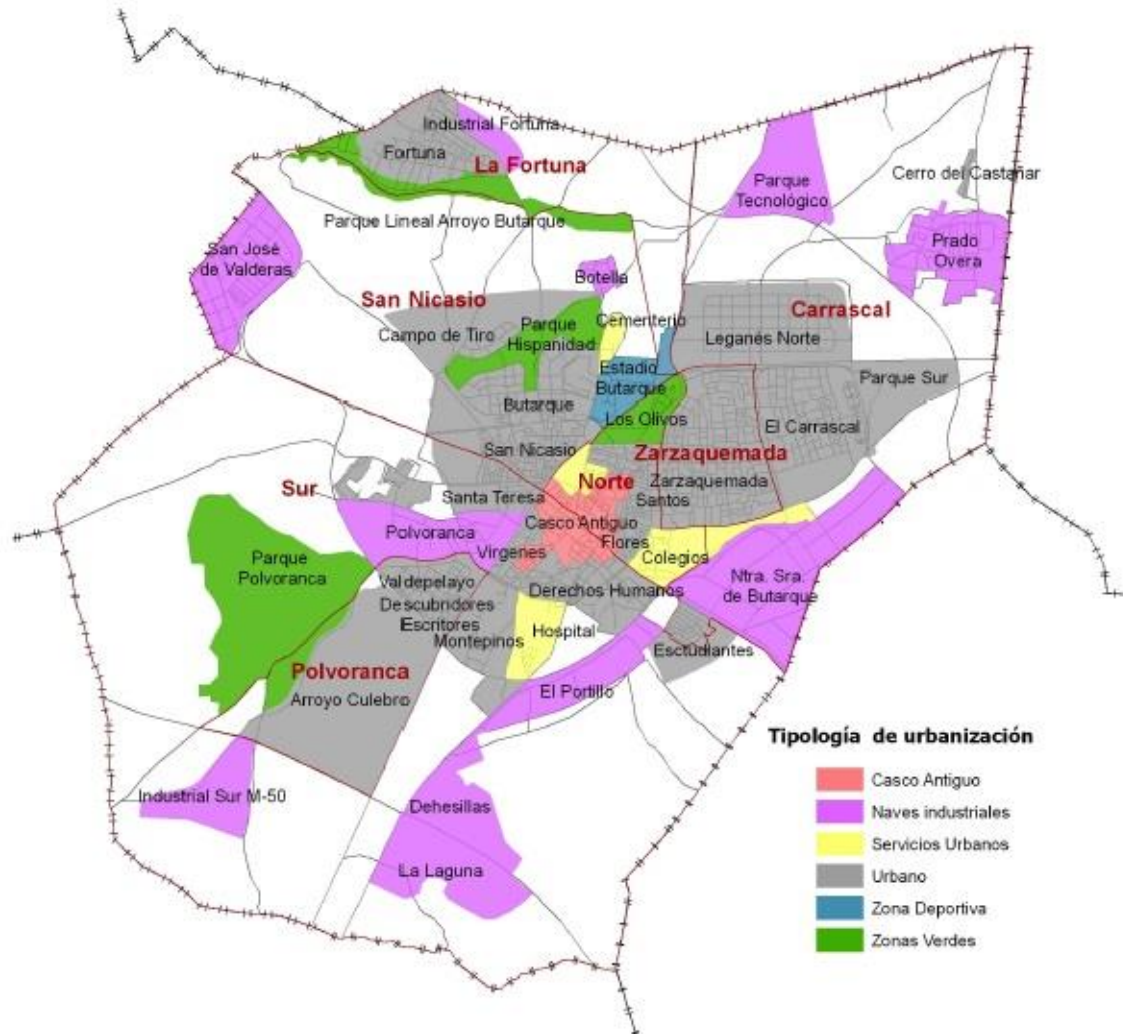


Figura 8. 1 Distribución por barrios Leganés [42]

Otro factor a tener en cuenta es la población de cada barrio, según datos del INE (Instituto Nacional de Estadística), los barrios ya mencionados cuentan con esta población:[43]

- | | | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| • Zarzaquemada: 54.096 | • Vírgenes: 6.464 | • Arroyo Culebro: 4.048 |
| • El Carrascal: 31.037 | • Las Flores: 5.874 | • Escritores: 3.816 |
| • San Nicasio: 20.111 | • Descubridores: 5.532 | • Campo de tiro: 3.766 |
| • Leganés Norte: 12.626 | • V. Centenario: 4.907 | • Valdepelayo: 3.376 |
| • Casco Histórico: 12.021 | • Derechos Humanos: 4.249 | • Los Frailes: 2.767 |
| • La Fortuna: 11.589 | • Las Batallas: 4.175 | • Vereda de los Estudiantes: 2.127 |
| • Los Santos: 8.432 | | |

Además, gracias a las estadísticas de la DGT podemos saber el número de vehículos que hay en Leganés para así dividirlos por zonas según la cantidad de habitantes de cada zona.



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

Resultado de la búsqueda Parque distribuido por tipo de vehículo, carburante y municipio.

Municipio residencia	Tipo de Vehículo	Carburante	Total
TOTAL	TOTAL	TOTAL	84.424
	TURISMOS	TOTAL	84.424
Leganés	TURISMOS	TOTAL	84.424
		Biodiesel	2
		Butano	5
		Diesel	52.933
		Eléctrico	21
		Gas Lícuado de Petroleo	65
		Gas Natural Comprimido	4
		Gasolina	31.392
		Otros	2

Figura 8. 2 Parque Leganés [32]

Leganés cuenta con 184.209 habitantes y con 84.424 coches (Figura 8.2):

$$\frac{84.424 \text{ coches}}{201.103 \text{ habitantes}} = 0,42 \text{ coches/habitante}$$

Si se dividen a partes iguales para toda la población nos queda que a cada habitante le corresponde 0,458 coches.

Como para disponer de un vehículo eléctrico es necesario de un sitio donde poder recargarlo se considerará que cada vehículo dispone de una plaza de parking para sí mismo además de considerar ciertos puntos de carga en las calles.

Para el estudio de las vías públicas, partimos de que debe haber 284 puntos de recarga en Leganés (estimado en el apartado 7.3):

$$\frac{284 \text{ puntos}}{184.209 \text{ habitantes}} = 0,00141 \text{ puntos/habitante}$$

Entonces procedemos al estudio por barrios:

Zarzaquemada:

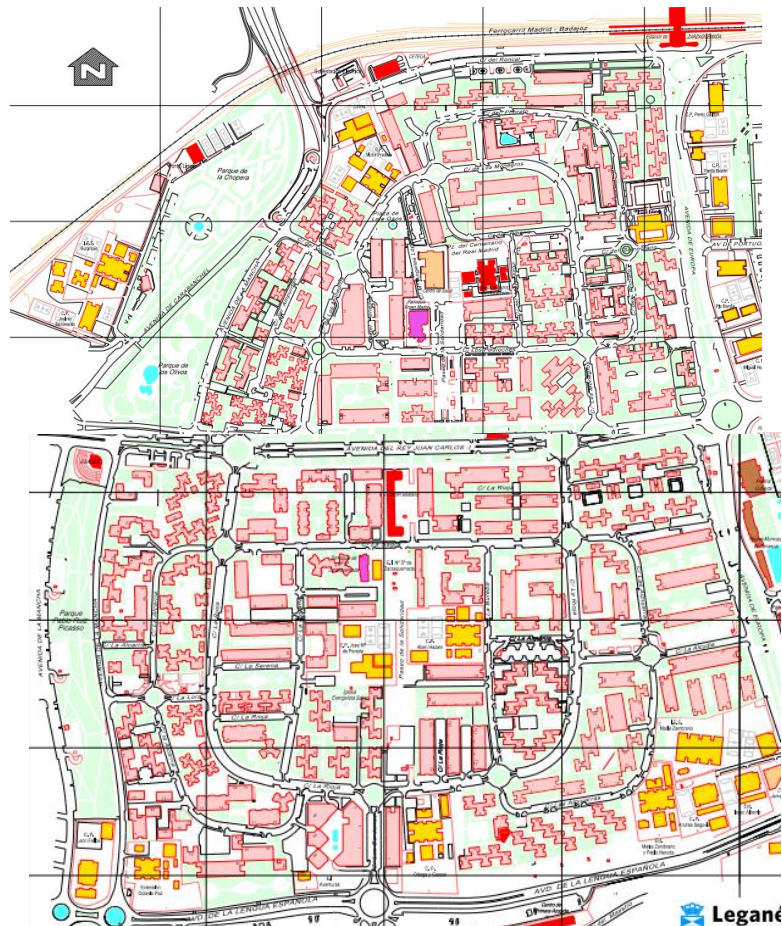


Figura 8. 3 Mapa Zarzaquemada [42]

Se trata del barrio más grande de Leganés y del más poblado, como se puede observar en la Figura 8.3, no dispone de ningún centro comercial ni de ningún parking público que necesite un estudio aparte. Además, se trata de una gran zona residencial con bloques de edificios con sus correspondientes garajes comunitarios.

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 54.096 \text{ habitantes} = 22.720,32 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$22.720,32 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 30.532.247,63\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 54.096 \text{ habitantes} = 76,3 \approx 76 \text{ puntos de carga}$$

$$76 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 397.201,08\text{€}$$

El Carrascal

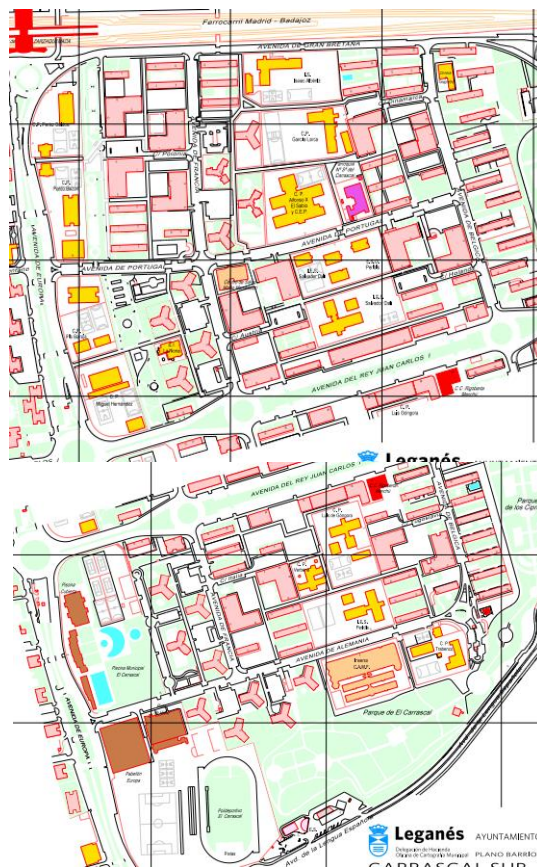


Figura 8. 4 Mapa El Carrascal [42]

El segundo barrio más poblado de Leganés aunque con menor número de habitantes. Las dimensiones son parecidas a las de Zarzaquemada, sin embargo, el barrio cuenta con un mayor número de colegios, polideportivos e instituciones públicas como son las que se ven en amarillo y marrón en la figura 8.4. A su vez este barrio está unido al centro comercial Parquesur, que no sale en el mapa pero estaría a la derecha y se tendrá en cuenta en este barrio.

Los vehículos correspondientes a este barrio son:



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 31.037 \text{ habitantes} = 13.035,54 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$13.035,54 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 17.517.549,72\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 31.037 \text{ habitantes} = 43,8 \approx 44 \text{ puntos de carga}$$

$$44 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 229.958,52\text{€}$$

Para el centro comercial Parquesur cabe destacar que ya cuenta con algún punto de recarga para coches eléctricos. Pero se calcularán los costos como si no hubiese, puesto que probablemente sea necesario su mantenimiento y no hay tantos puntos de carga como indica la normativa.

Parquesur cuenta con 5.800 plazas de aparcamiento, para los que se adjudicarán puntos de recarga semi-rápida. La normativa dice que es necesario un punto de carga por cada 40 plazas:

$$\frac{5800 \text{ plazas}}{40 \text{ plazas/punto}} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 757.817,85\text{€}$$

San Nicasio:

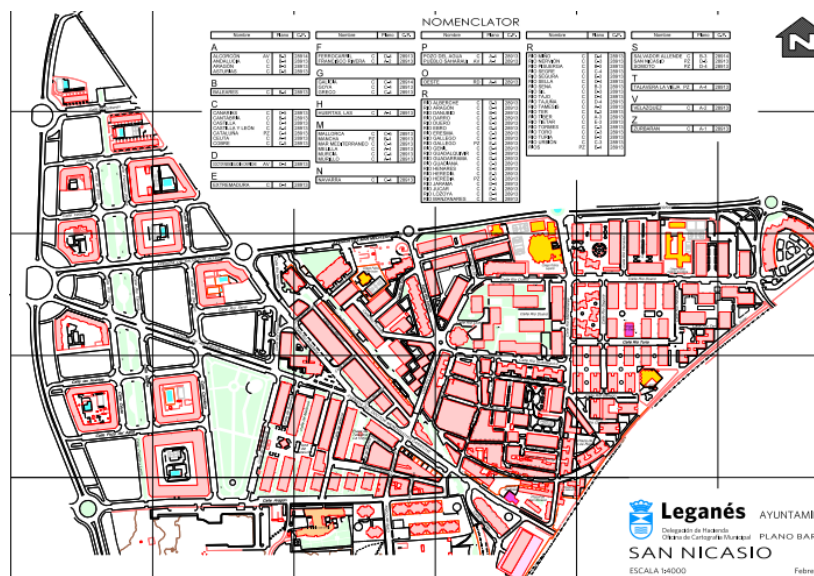


Figura 8. 5 Mapa San Nicasio [42]

Al igual que los anteriores (Figura 8.5), también cuenta con una disposición de edificios con sus correspondientes parkings, se trata de un barrio céntrico pegado al casco histórico. Además, no cuenta con ningún centro comercial.

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 20.111 \text{ habitantes} = 8.446,62 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$8.446,62 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 11.350.821,35\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 20.111 \text{ habitantes} = 28,4 \approx 28 \text{ puntos de carga}$$

$$28 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 146.337,24\text{€}$$

Leganés Norte:

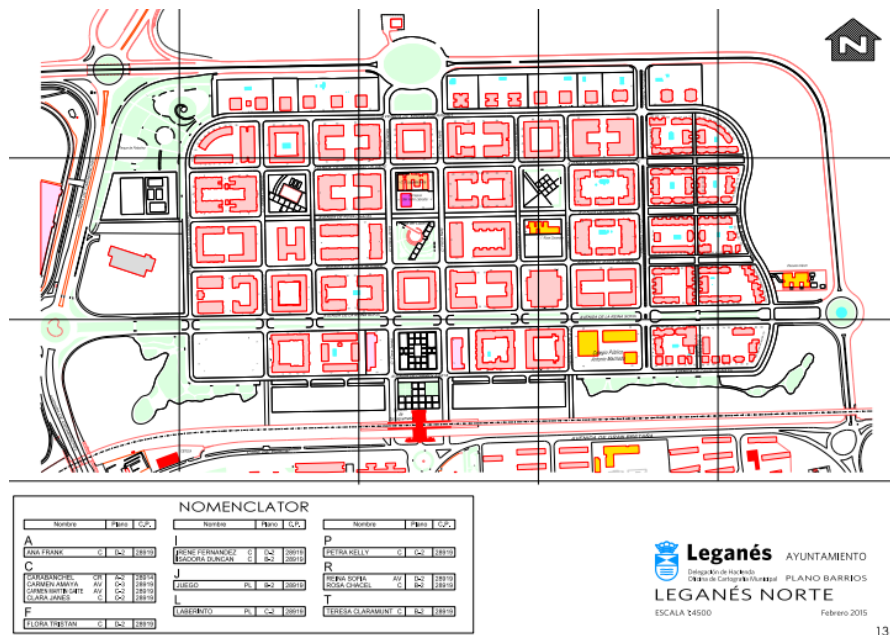


Figura 8. 6 Mapa Leganés Norte [42]

Barrio formado por urbanizaciones con sus propios garajes comunitarios (Figura 8.6). A su vez, es el más cercano al centro comercial plaza nueva, por lo que habrá que incluirlo en el análisis.

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 12.626 \text{ habitantes} = 5.302,92 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$5.302,92 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 7.126.222,98\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 12.626 \text{ habitantes} = 17,8 \approx 18 \text{ puntos de carga}$$

$$18 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 94.073,94\text{€}$$

Plaza Nueva cuenta con 2.987 plazas de aparcamiento, para los que se adjudicarán puntos de recarga semi-rápida. La normativa dice que es necesario un punto de carga por cada 40 plazas:

$$\frac{2.987 \text{ plazas}}{40 \text{ plazas/punto}} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 390.276,19\text{€}$$

Casco Histórico:

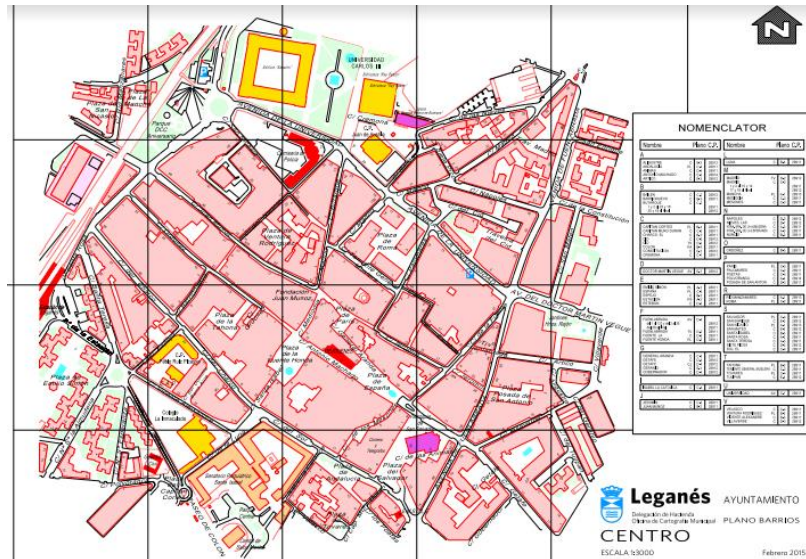


Figura 8. 7 Mapa Casco Histórico [42]

El centro de Leganés (Figura 8.7) con calles estrechas y de paso restringido para los residentes, sus edificios son pequeños, la mayoría cuentan con pequeños parkings particulares. La Universidad forma parte de este barrio.

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 12.021 \text{ habitantes} = 5.048,82 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$5.048,82 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 6.784.755,78\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 12.021 \text{ habitantes} = 16,9 \approx 17 \text{ puntos de carga}$$

$$17 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 88.847,61\text{€}$$

La Fortuna:

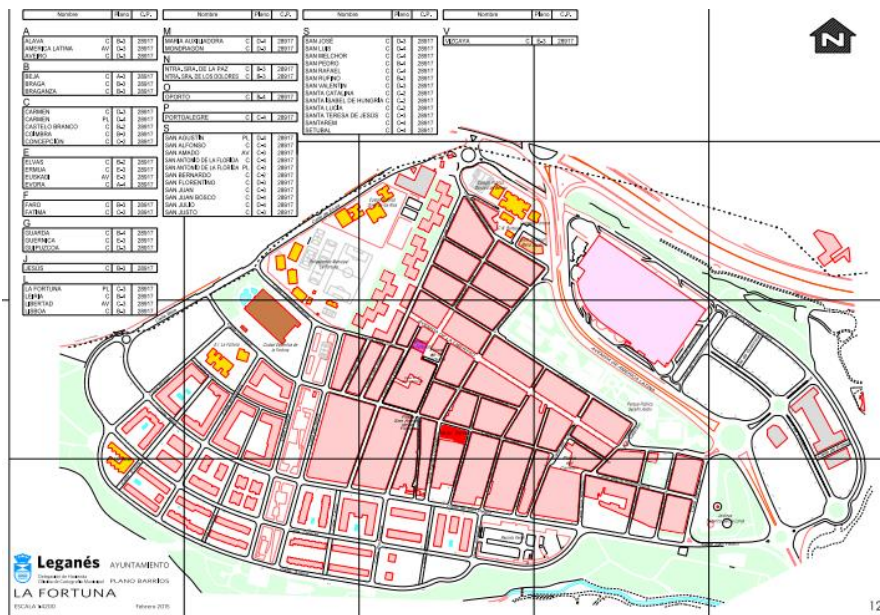


Figura 8. 8 Mapa La Fortuna [42]

Se trata de un barrio que se encuentra separado de la ciudad, aunque la mayoría de sus edificios son viviendas comunitarias, también cuenta con alguna pequeña zona de adosados (Figura 8.8). Ante la imposibilidad de saber el número exacto de la gente que vive en cada edificio, y siendo la mayoría del barrio edificios con garajes comunitarios, el estudio que se llevará a cabo de este barrio será teniendo en cuenta que está formado por edificios. Aunque la cantidad se vea afectada un poco, se verá compensada con otros barrios que se tomarán como barrios de chalets, aunque no esté constituido enteramente por ellos.

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 11.589 \text{ habitantes} = 4.867,38 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$4.867,38 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 6.540.931,27\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 11.589 \text{ habitantes} = 16,3 \approx 16 \text{ puntos de carga}$$

$$16 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 83.621,28\text{€}$$

Los Santos:

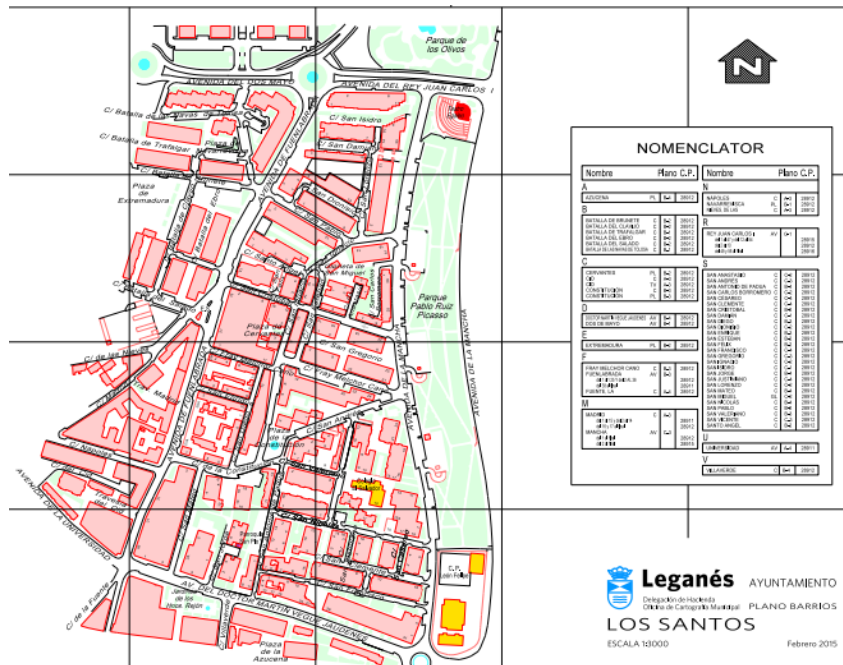


Figura 8. 9 Mapa Los Santos [42]

Barrio pegado al casco histórico con características similares (Figura 8.9).

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 8.432 \text{ habitantes} = 3.541,44 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$3.541,44 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 4.759.093,32\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 8.432 \text{ habitantes} = 11,9 \approx 12 \text{ puntos de carga}$$

$$12 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 62.715,969\text{€}$$

Las Vírgenes:

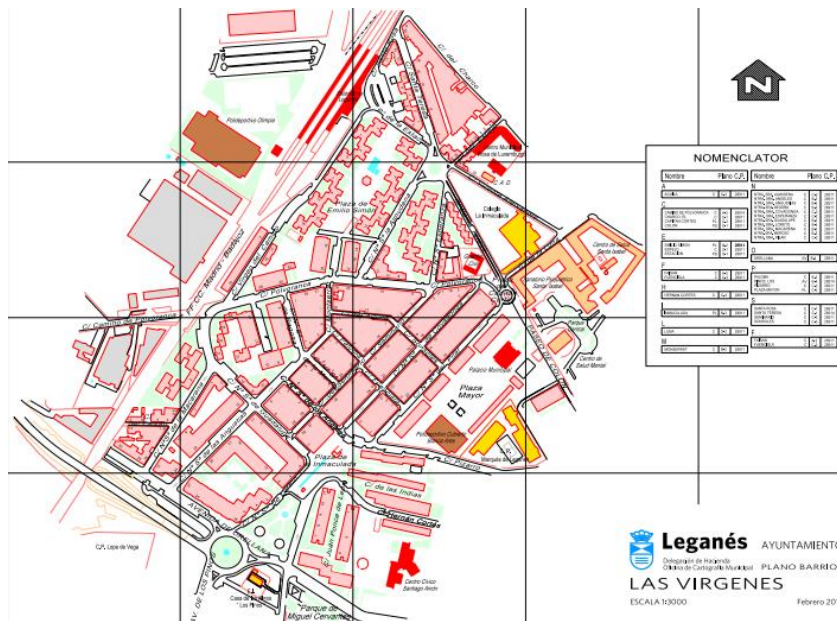


Figura 8. 10 Mapa Las Vírgenes [42]

Otro barrio que forma parte del bocho de la ciudad, formado por pequeños edificios con sus correspondientes parkings (Figura 8.10).

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 6.464 \text{ habitantes} = 2.714,88 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$2.714,88 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 3.648.337,19\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 6.464 \text{ habitantes} = 9,1 \approx 9 \text{ puntos de carga}$$

$$9 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 47.036,97\text{€}$$

Las Flores:

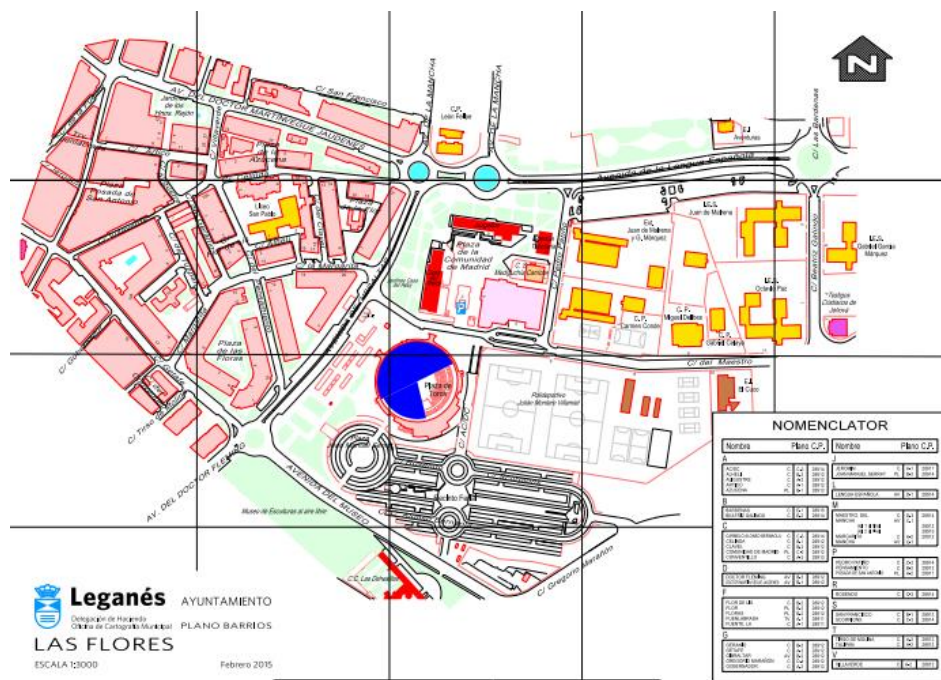


Figura 8. 11 Mapa Las Flores [42]

Se encuentra entre el Casco Histórico y Los Santos, por lo que tiene las mismas características. (Figura 8.11).

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 5.874 \text{ habitantes} = 2.467,08 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$2.467,08 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 3.315.336,12\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 5.874 \text{ habitantes} = 8,3 \approx 8 \text{ puntos de carga}$$

$$8 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 41.810,64\text{€}$$

Descubridores:

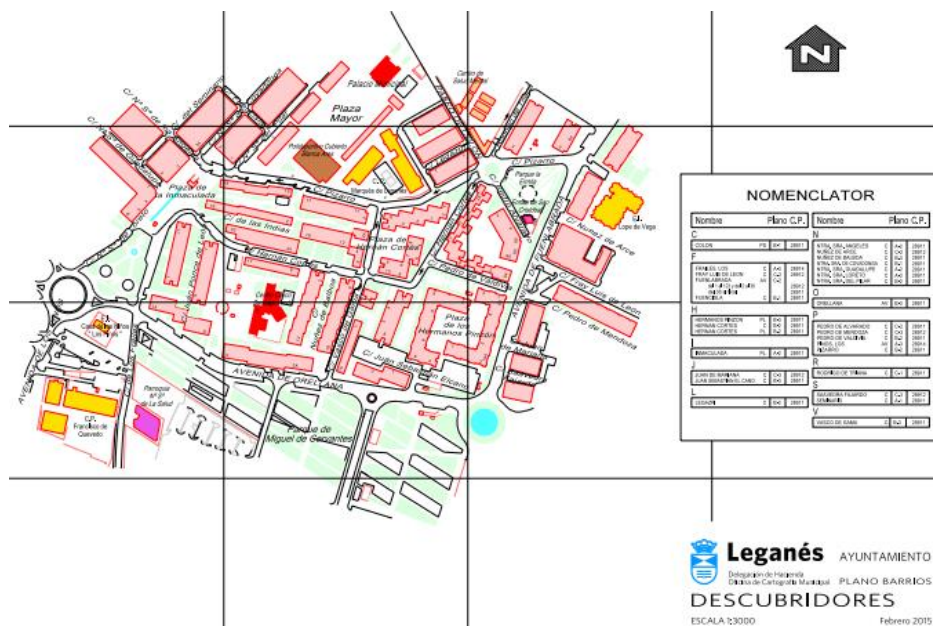


Figura 8. 12 Mapa descubridores [42]

Se trata del primer barrio que nos encontramos formado por adosados, con sus parkings personales, por lo que se utilizarán los precios estimados para viviendas unifamiliares, representado en la Figura 8.12.

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 5.532 \text{ habitantes} = 2.323,44 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$2.323,44 \text{ coches} \times \frac{1.016,33\text{€}}{\text{coche}} = 2.361.381,78\text{€}$$

Aunque en estos barrios no serían necesarios puntos de carga en las vías públicas, se calcula el número de puntos que debe haber para luego redistribuirlos por los polígonos industriales y barrios en los que vive gente pero se requeriría de la presencia de puntos de carga.

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 5.532 \text{ habitantes} = 7,8 \approx 8 \text{ puntos de carga}$$

V.Centenario:

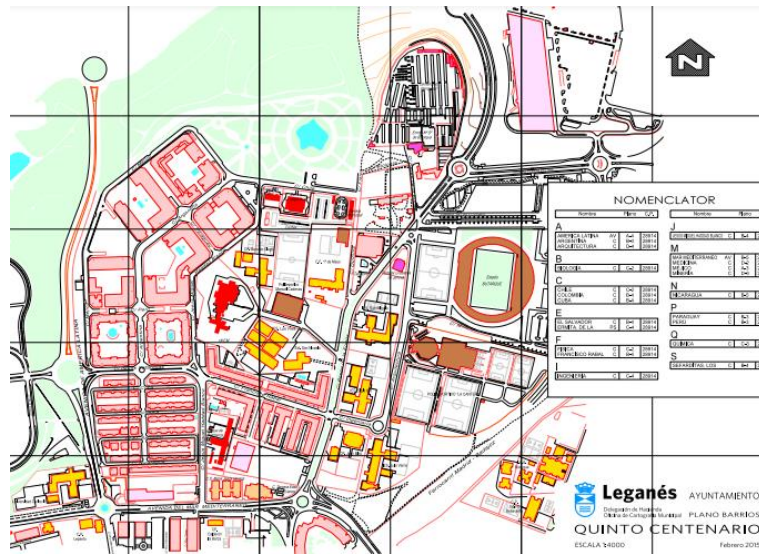


Figura 8. 13 Mapa V.Centenario [42]

Aunque este barrio también dispone de una zona de adosados está constituido mayoritariamente por edificios con sus parkings. El barrio tiene varios colegios e institutos, además también contiene un gran polideportivo y el estadio del equipo de Leganés (Figura 8.13).

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 4.907 \text{ habitantes} = 2.060,94 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$2.060,94 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 3.019.586,01\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 4.907 \text{ habitantes} = 6,9 \approx 7 \text{ puntos de carga}$$

$$7 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 36.584,31\text{€}$$

Derechos Humanos:

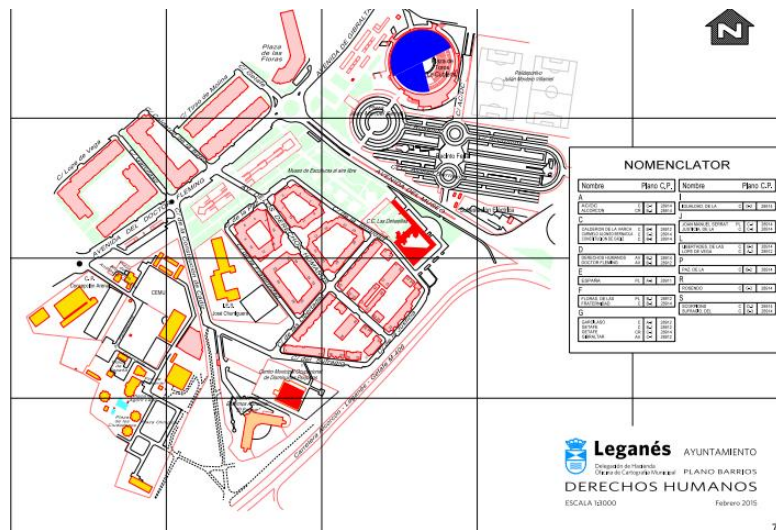


Figura 8. 14 Mapa Derechos Humanos [42]

Otro barrio que forma parte del grueso de la ciudad, sin embargo, este barrio está constituido mitad por chalets y mitad por edificios, para compensar el cálculo en el que se ha supuesto que los barrios de V. Centenario y La Fortuna están formados por edificios aunque estos no lo estaban en su plenitud, se supondrá que este barrio está formado por chalets.(Figura 8.14).

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 4.249 \text{ habitantes} = 1.784,58 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$1.784,58 \text{ coches} \times \frac{1.016,33\text{€}}{\text{coche}} = 1.813.722,19\text{€}$$

Aunque en estos barrios no serían necesarios puntos de carga en las vías públicas, se calcula el número de puntos que debe haber para luego redistribuirlos por los polígonos industriales y barrios en los que vive gente pero se requeriría de la presencia de puntos de carga.

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 4.249 \text{ habitantes} = 5,99 \approx 6 \text{ puntos de carga}$$

Las Batallas:

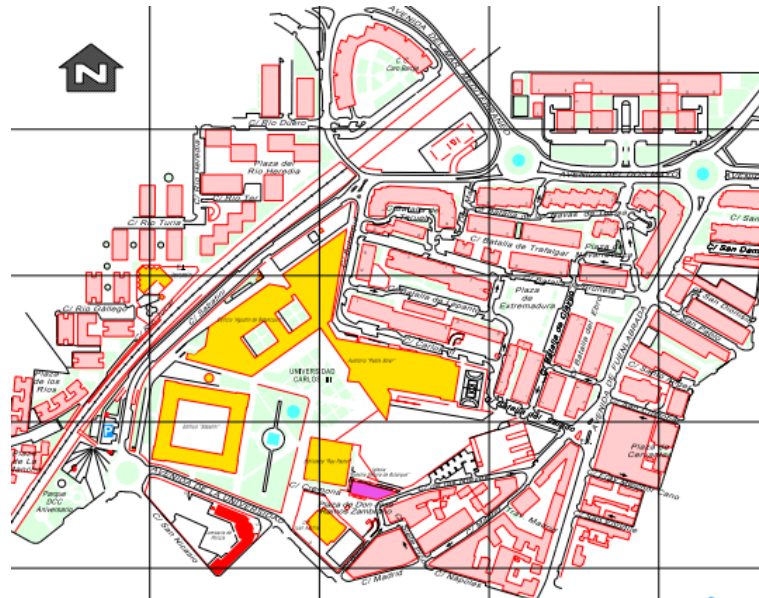


Figura 8. 15 Mapa Las Batallas [42]

Situado al lado del Casco histórico, contiene a la universidad y a sus alrededores (Figura 8.15).

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 4.175 \text{ habitantes} = 1.753,5 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$1.753,5 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 2.356.405,91\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 4.175 \text{ habitantes} = 5.9 \approx 6 \text{ puntos de carga}$$

$$6 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 31.357,98\text{€}$$

Arroyo Culebro:

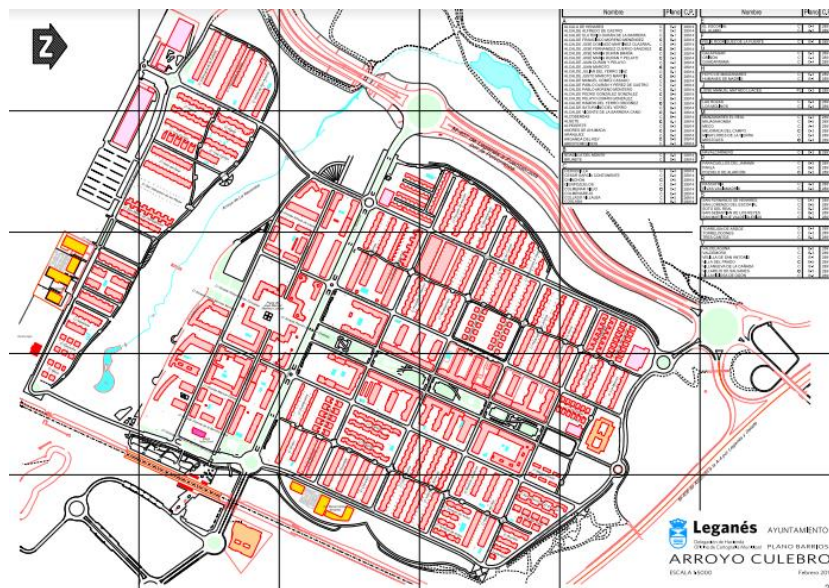


Figura 8. 16 Mapa Arroyo Culebro [42]

Barrio formado enteramente por chalets y adosados (Figura 8.16).

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 4.048 \text{ habitantes} = 1.700,16 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$1.700,16 \text{ coches} \times \frac{1.016,33\text{€}}{\text{coche}} = 1.727.923,61\text{€}$$

Aunque en estos barrios no serían necesarios puntos de carga en las vías públicas, se calcula el número de puntos que debe haber para luego redistribuirlos por los polígonos industriales y barrios en los que vive gente pero se requeriría de la presencia de puntos de carga.

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 4.048 \text{ habitantes} = 5.7 \approx 6 \text{ puntos de carga}$$

Escritores:

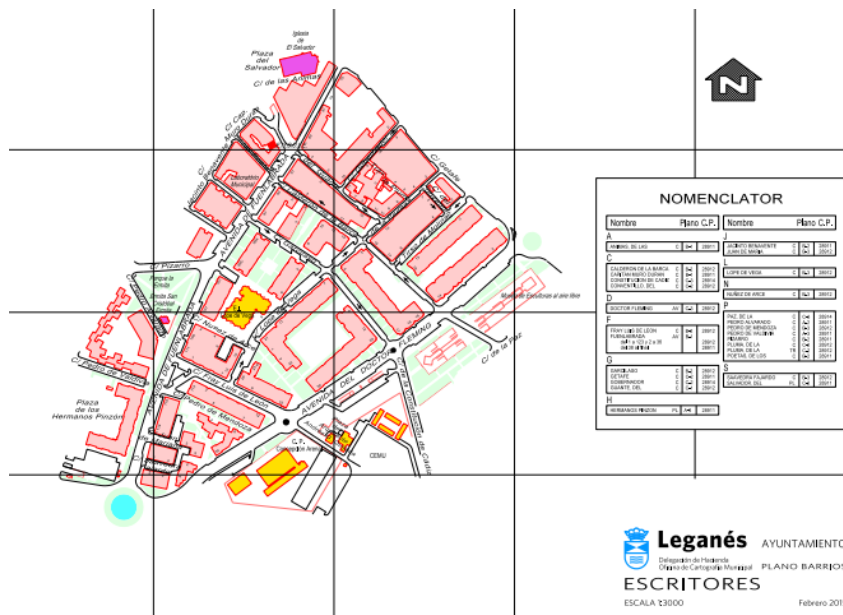


Figura 8. 17 Mapa Escritores [42]

Barrio formado enteramente por chalets y adosados (Figura 8.17).

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 3.816 \text{ habitantes} = 1.602,72 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$1.602,72 \text{ coches} \times \frac{1.016,33\text{€}}{\text{coche}} = 1.628.892,42\text{€}$$

Aunque en estos barrios no serían necesarios puntos de carga en las vías públicas, se calcula el número de puntos que debe haber para luego redistribuirlos por los polígonos industriales y barrios en los que vive gente pero se requeriría de la presencia de puntos de carga.

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 3.816 \text{ habitantes} = 5,42 \approx 5 \text{ puntos de carga}$$

Campo de Tiro:

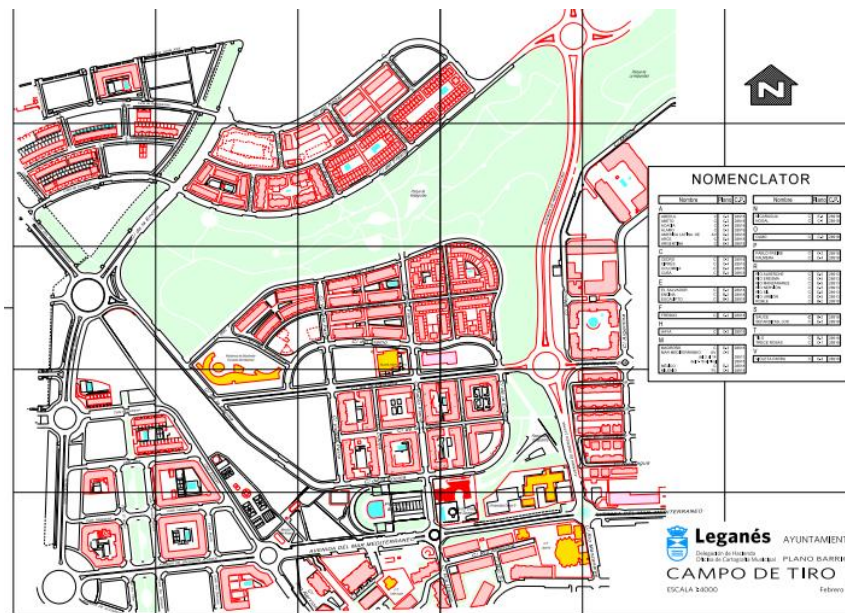


Figura 8. 18 Campo de Tiro [42]

Barrio céntrico pero constituido en su mayoría por viviendas unifamiliares (Figura 8.18).

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 3.766 \text{ habitantes} = 1.581,72 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$1.581,72 \text{ coches} \times \frac{1.016,33\text{€}}{\text{coche}} = 1.607.549,49\text{€}$$

Aunque en estos barrios no serían necesarios puntos de carga en las vías públicas, se calcula el número de puntos que debe haber para luego redistribuirlos por los polígonos industriales y barrios en los que vive gente pero se requeriría de la presencia de puntos de carga.

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 3.766 \text{ habitantes} = 5,3 \approx 5 \text{ puntos de carga}$$

Valdepelayo:

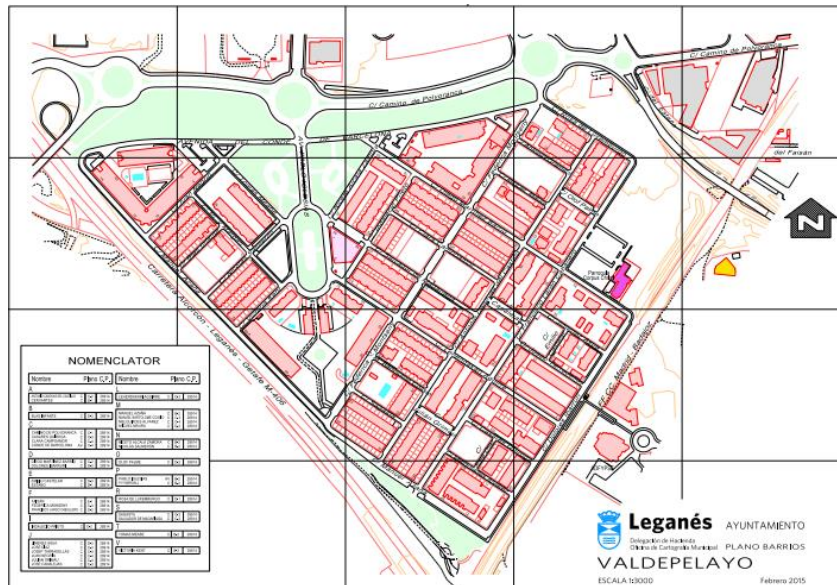


Figura 8. 19 Mapa Valdepelayo [42]

Barrio formado enteramente por chalets y adosados (Figura 8.19).

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 3.376 \text{ habitantes} = 1.417,92 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$1.417,92 \text{ coches} \times \frac{1.016,33\text{€}}{\text{coche}} = 1.441.074,63\text{€}$$

Aunque en estos barrios no serían necesarios puntos de carga en las vías públicas, se calcula el número de puntos que debe haber para luego redistribuirlos por los polígonos industriales y barrios en los que vive gente pero se requeriría de la presencia de puntos de carga.

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 3.376 \text{ habitantes} = 4.7 \approx 5 \text{ puntos de carga}$$

Los Frailes:

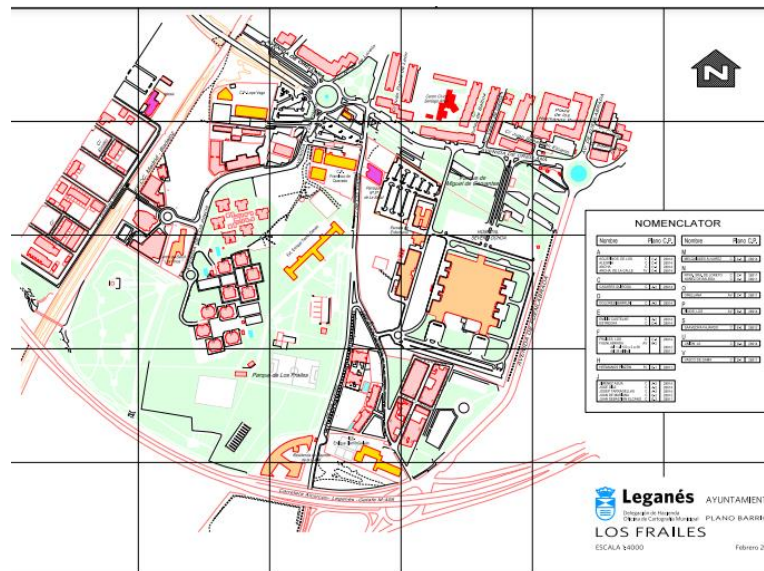


Figura 8. 20 Mapa Los Frailes [42]

En este barrio está ubicado el Hospital Severo Ochoa (Figura 8.20) y un centro de salud para el hospital que ocupan la mayor parte de su superficie, el resto del barrio son urbanizaciones con parkings y bloques de edificios.

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 2.767 \text{ habitantes} = 1.162,14 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$1.162,14 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 1.561.718,6\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 2.767 \text{ habitantes} = 3,9 \approx 4 \text{ puntos de carga}$$

$$4 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 20.905,32\text{€}$$



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

Vereda de los Estudiantes:

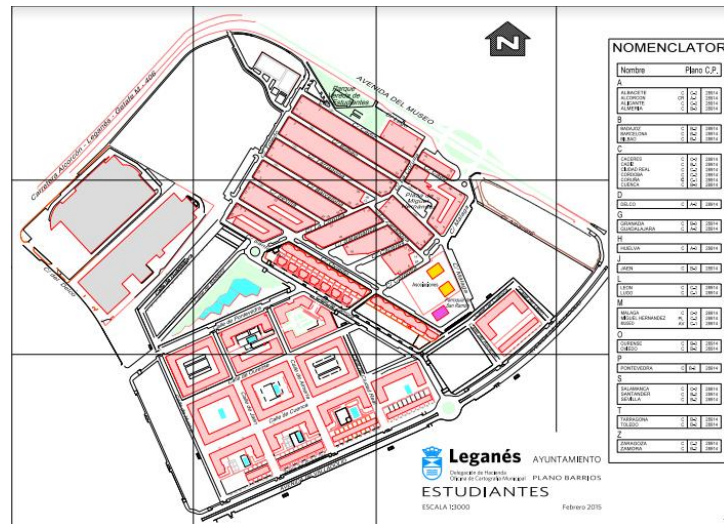


Figura 8. 21 Mapa Vereda de los Estudiantes [42]

Se trata de el barrio menos poblado de Leganés (Figura 8.21), formado por bloques de edificios con sus correspondientes parkings..

Los vehículos correspondientes a este barrio son:

$$\frac{0,42 \text{ coches}}{\text{habitante}} \times 2.127 \text{ habitantes} = 893,34 \text{ coches}$$

La inversión que se ha de realizar por tanto en este barrio sería de:

$$893,34 \text{ coches} \times \frac{1.343,83\text{€}}{\text{coche}} = 1.200.497,09\text{€}$$

Además, en las calles debe haber:

$$\frac{0,00141 \text{ puntos}}{\text{habitante}} \times 2.127 \text{ habitantes} = 3 \text{ puntos de carga}$$

$$3 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 15.678,99\text{€}$$



Zonas Industriales:

Respecto a las siguientes zonas industriales que salen en la Figura 8.1 cabe repartir los puntos de carga que corresponderían a barrios de viviendas unifamiliares:

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| • Industrial Sur M-50 | • Polvoranca |
| • La Laguna | • San José de Valderas |
| • Dehesillas | • Industrial Fortuna |
| • El Portillo | • Parque Tecnológico |
| • Ntra. Sra. De Butarque | • Prado Overa |

En total restan 39 puntos de carga en vías públicas para repartir entre estas zonas industriales, de ellas se pueden descartar algunas zonas como la de Industrial Fortuna que se considera incluida en el barrio de La Fortuna. Ntra. Sra. De Butarque también se puede considerar incluida en los barrios de Zarzaquemada y Carrascal, así como Polvoranca se puede considerar parte de la Ciudad.

Una vez considerado esto se tienen en cuenta las zonas más importantes que son: La Laguna, Dehesillas, Prado Overa, San José de Valderas y Parque tecnológico, sobre ellos deberían de recaer la mayor parte de puntos. Siendo así, se procede al cálculo del precio de esos 39 puntos de carga:

$$35 \text{ puntos} \times \frac{5.226,33\text{€}}{\text{punto}} = 182.921,55\text{€}$$



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

Total de Leganés

En la siguiente tabla se muestran los costes por barrios y totales:

Barrio	Coste de puntos de carga individuales (€)	Coste de puntos de carga en vías públicas (€)	Centros comerciales (€)
Zarzaquemada	30.532.247,63	397.201,08	0
El Carrascal	17.517.549,72	229.958,52	757.817,85
San Nicasio	11.350.821,35	146.337,24	0
Leganés Norte	7.126.222,98	94.073,94	390.276,19
Casco Histórico	6.784.755,78	88.847,61	0
La Fortuna	6.540.931,27	83.621,28	0
Los Santos	4.759.093,32	62.715,96	0
Vírgenes	3.648.337,19	47.036,97	0
Las Flores	3.315.336,12	41.810,64	0
Descubridores	2.361.381,78	0,00	0
V. Centenario	2.769.553,00	36.584,31	0
Derechos Humanos	1.813.722,19	0,00	0
Las Batallas	2.356.405,91	31.357,98	0
Arroyo Culebro	1.727.923,61	0,00	0
Escritores	1.628.892,42	0,00	0
Campo de Tiro	1.607.549,49	0,00	0
Valdepelayo	1.441.074,63	0,00	0
Los Frailes	1.561.718,60	20.905,32	0
Vereda de los Estudiantes	1.200.497,09	15.678,99	0
Zonas industriales	0,00	182.921,55	0
Total	110.044.014,06	1.479.051,39	1.148.094,04

Tabla 6 Distribución de costes por barrios (Leganés)

Como se puede observar sería necesario un gasto de casi 110 millones de euros en cuanto a particulares y casi un millón y medio en cuanto a lo que debería pagar el estado.

$$\frac{110.044.014,06 \text{ €}}{201.013 \text{ habitantes}} = 547,447 \frac{\text{€}}{\text{Habitante}}$$

$$\frac{110.044.014,06 \text{ €}}{84.424 \text{ coches}} = 1303,47 \frac{\text{€}}{\text{Coche}}$$

Lo que equivaldría a 1303,47 € por vehículo y 547,447 € por habitante. (Todo esto redondeado al alza).



8.2 Financiación

En este apartado se estudiará la viabilidad de estos costes, si son proporcionados y en cuantos años se podría llevar a cabo. Para ello se consultará en el ayuntamiento de Leganés el presupuesto para urbanismo o movilidad que tienen para los próximos años.

Para una ciudad formada por vehículos eléctricos sería necesario que ayuntamiento financiase 1.479.051,39 €.

Del ayuntamiento de Leganés podemos obtener que el presupuesto disponible para nuevas tecnologías vigente es de 300.000€ [44].

$$\frac{1.479.051,39 \text{ €}}{300.000 \text{ €/anuales}} = 4,93 \text{ años}$$

Por lo que serían necesarios al menos 5 años para llevar a cabo la inversión. Ciertamente que no todo el mundo comprará los coches eléctricos de golpe, sino que la sustitución del parque debe ser algo progresivo, por ello tampoco se necesitaría que la inversión de los puntos de carga en las vías públicas se realizará de golpe. Tan solo sería necesario que durante la instalación de los mismos se haga de una forma distribuida y no se realice barrio a barrio.

Sabiendo que la edad media del parque automovilístico es de 11,6 años y que esta va aumentando con los años nos encontramos con las matriculaciones anuales de Leganés:

$$\frac{84.424 \text{ vehículos}}{11,6 \text{ años}} = 7.277,93 \text{ matriculaciones anuales}$$

Si se considera que partir de ahora tan solo se compran vehículos eléctricos, el parque automovilístico estará sustituido por un parque de vehículos eléctricos en 11 años y medio, siempre y cuando la edad del parque no aumente. También se debe tener en cuenta que será necesaria la existencia de vehículos de combustión para ciertos usos, como pueden ser los agrícolas.

Para el aumento de población y construcción de nuevas viviendas no debería suponer inconveniente pues según la ICT BT-52 [8] para las viviendas unifamiliares de nueva construcción se deberá proveer de instalaciones para la carga de vehículos eléctricos, y para bloques de viviendas deberá facilitarse la instalación de las mismas.

Respecto a las inversiones individuales que ascenderían a unos 1300 € por vehículo, puede considerarse asequible por el usuario pues, debe también comprar el vehículo. Aunque el precio del vehículo eléctrico hoy en día es más caro, seguramente en los próximos años con una mayor instauración de este tipo de vehículos el precio disminuya y esos 1300€ se vean compensados con esta bajada de precio.

Por lo tanto, se concluye que en unos 5 años la ciudad ya estará preparada para un parque automovilístico de vehículos eléctricos pero que hasta dentro de más de 11 años el parque automovilístico no será completamente eléctrico. Por lo tanto, si el



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

ayuntamiento necesita invertir parte de su presupuesto de nuevas tecnologías en otras ramas tienen un margen de seguridad de 6 años para realizar la inversión.

Según los 11,6 años de vida media de nuestro parque automovilístico, para mediados de 2029 ya podría existir un parque completamente eléctrico.

Para plantear un diagrama de Gantt del problema se decide que la inversión será más fuerte los primeros años empleando un 80% de su presupuesto en nuevas tecnologías en la instauración de los puntos de carga. Esto es debido a la concienciación de numerosas instituciones a nivel europeo que intentan que para 2022 las ciudades sean prácticamente eléctricas. Por lo que se gastarán 240.000 € anuales en la instalación de puntos de carga en las vías públicas. En este diagrama se tendrán en cuenta los 11,6 años que lleva la sustitución del parque automovilístico.

Comenzando el programa en el futuro año 2018, habría 5 años en los que el estado utiliza la mayoría de su presupuesto en estas tecnologías. Estos 5 años se comenzará construyendo en los barrios más poblados y importantes. Sin embargo, después de estos 5 años tan solo empleará un 20% del presupuesto.

Se puede observar que en los barrios formados por viviendas unifamiliares donde no se han decidido poner puntos de carga no es necesaria ninguna inversión.

En la siguiente hoja se muestra un Plan de obra de la instalación de todas las infraestructuras.



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

Barrio	Habitantes	Porcentaje de población	Coste por barrio													
				ene-18	ene-19	ene-20	ene-21	ene-22	ene-23	ene-24	ene-25	ene-26	ene-27	ene-28	ene-29	ene-30
Zarzuquena	54.096	26,91	398.640,20	36,12% 144.000 41,97%	12,04% 48.000	12,04% 48.000	12,04% 48.000	12,04% 48.000	12,04% 48.000	3,68% 14.640 3,40%						100,00% 0,00 100,00%
El Carrascal	31.037	15,44	228.715,54	96.000	32,39% 48.000	21,00% 48.000	21,00% 48.000	12,63% 28.885,66	7.829,88	3,40% 7.829,88						100% 0,00 100%
San Nicolás	20.111	10,00	148.200,48		48.000 51,6%	48.000	48.000	4.200,48 17,19%								100% 0,00 100%
Leganés Norte	12.626	6,28	93.042,58		48.000			16.000 58,7%	11,2% 9921,76	23,79% 21.078,45		21,5% 9.042,58	9,72% 5.584,05			100,00% 0,00 100,00%
Casco Histórico	12.021	5,98	88.584,26		56,20% 48.000			37.400,79 43,8%								100,00% 0,00 100,00%
La Fortuna	11.589	5,77	85.400,79		48.000	25,75% 16.000	25,75% 16.000	25,75% 16.000	19,31% 12.000	3,44% 2.136,46						100,00% 0,00 100,00%
Los Santos	8.432	4,19	62.136,46			16.000	16.000	16.000								100,00% 0,00 100,00%
Vilgines	6.464	3,22	47.634,03			16.000	16.000	15.634,03 26,08%								100,00% 0,00 100,00%
Las Flores	5.874	2,92	43.286,24	100%		16.000	16.000	11.286,24								100,00% 0,00 100,00%
Descubridores	5.532	2,75	0,00													100,00% 0,00 100,00%
V. Centenario	4.907	2,44	36.160,30	100%								55,30% 20.000	44,7% 16.160,30			100,00% 0,00 100,00%
Derechos Humanos	4.249	2,11	0,00													100,00% 0,00 100,00%
Los Batallas	4.175	2,08	30.766,10	100%								65% 20.000	35% 10.766,10			100,00% 0,00 100,00%
Arroyo Culebro	4.048	2,01	0,00	100%												100,00% 0,00 100,00%
Escritores	3.816	1,90	0,00	100%												100,00% 0,00 100,00%
Campo de Tiro	3.766	1,87	0,00	100%												100,00% 0,00 100,00%
Valdepeño	3.376	1,68	0,00													100,00% 0,00 100,00%
Los Frailes	2.767	1,38	20.390,37							100% 20.390 32,42% 5.081,33	21,28% 38.921,55					100,00% 0,00 100,00%
Vereda de los Estudiantes	2.127	1,06	15.674,13		26,24% 48.000	26,24% 48.000	26,24% 48.000	67,58% 10.592,80								100,00% 0,00 100,00%
Zonas Industriales	0	0,00	182.921,55													100,00% 0,00 100,00%
Coste (€)	1.481.553,03			240000	240000	240000	240000	240000	60000	60000	60000	60000	41553,03	0	0	0
Acumulado (€)				240000	480000	720000	960000	1200000	1260000	1320000	1380000	1440000	1481553	1481553	1481553	1481553
Disponible (€)				0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	18.446,97	60.000,00	60.000,00	60.000,00

Al comprobar el plan de obra, según la hipótesis realizada, se habría terminado la instalación de los puntos de carga para septiembre de 2027 y pudiendo adoptar un parque completamente eléctrico. De tal modo que si surge algún contratiempo hay todavía más de 3 años de margen hasta 2030 para completar la instalación.

En la Figura 8.22 se muestra un gráfico del coste acumulado según el tiempo:

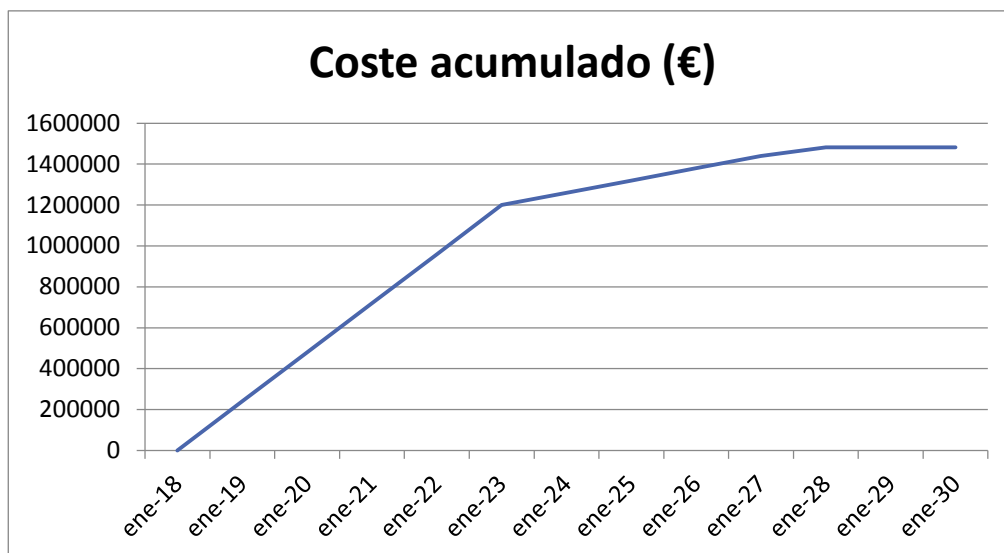


Figura 8. 22 Coste acumulado Obra

Se puede comprobar que es lineal en sus primeros años, pues se ha decidido invertir una cantidad fija durante esos años. Además, en la Figura 8.23 se aporta un gráfico donde muestra la variación de inversiones por meses:

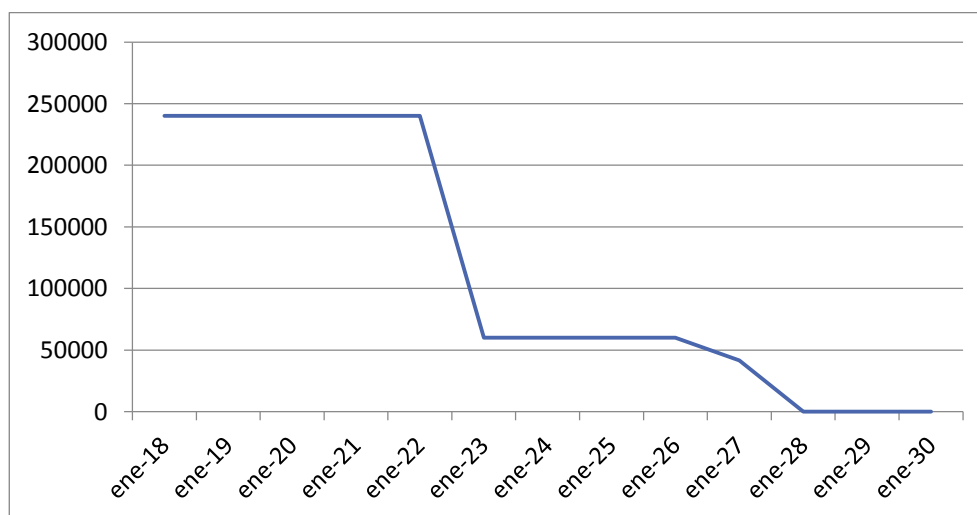


Figura 8. 23 Coste mensual de la Obra

Este planteamiento para la construcción es muy relativo, pues a ciencia cierta no es posible saber las cantidades que el ayuntamiento está dispuesto a invertir en estas tecnologías. Además, el cálculo de gastos tampoco es preciso del todo, tan solo se trata de una aproximación, pues la distribución que se ha hecho de coches por habitante no tiene por qué ser del todo precisa, hay barrios con mayor capital donde



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

sus ciudadanos pueden tener más coches de media que en otros barrios. Cierto es que en el estudio se ha intentado hacer un reparto equitativo como probablemente trate de hacerlo el ayuntamiento, aunque luego en la práctica las necesidades sean distintas.

Otro factor a tener en cuenta es la variación del precio de estas tecnologías con los años, pero no solo el valor económico puede variar, sino que también el número de habitantes y vehículos. Se trata de factores que cada día pueden cambiar, por lo tanto, no se puede concretar este estudio en más que una aproximación.

A estos datos habría que añadirle el coste de los trabajadores que van a realizar la instalación.

8.3 Estudio de los diversos escenarios

Cierto es que para reducir las emisiones los coches eléctricos son la mejor solución, pero construir una ciudad formada completamente por vehículos eléctricos puede ser difícil, por eso ha de plantearse la existencia de diversos escenarios, un escenario que se planteen los híbridos enchufables como solución, los híbridos, o mezclas entre estos tipos de vehículos. Aunque a la hora de tener un vehículo eléctrico o un eléctrico enchufable los puntos de carga son igual de necesarios, por lo que el estudio no cambia.

Antes de considerar los escenarios se lleva a cabo una investigación de mercado para ver la diferencia de precios entre estos tipos de vehículos. Lo cual no solo busca un beneficio para las inversiones que el ayuntamiento debe hacer, sino que se evaluarán las diferencias del precio para beneficiar al ciudadano. Por ello se hace una comparativa de los precios y un estudio del mercado de los automóviles.

En cuanto los vehículos eléctricos los precios actuales son:

Eléctrico	
Modelo	Precio (€)
Citroën C-Zero	26.190
Citroën E-Mehari	26.000
BMW i3	35.500
Hyundai IONIQ	34.500
Kia Soul EV	32.840
Mercedes Clase B	43.425
Mitsubishi i-MiEV	24.400
Nissan Leaf	29.235
Peugeot iOn	26.190
Renault ZOE	21.625
Smart Fortwo Electric	23.000
Volkswagen e-Up!	22.720
Volkswagen e-Golf	36.850
Media	29.421,15 €

Tabla 7 Precio coches eléctricos

A la hora de estudiar los híbridos enchufables, nos encontramos que pocas marcas han optado por su fabricación, pues estos vehículos surgieron a la vez de los eléctricos y la mayoría de marcas han optado por el eléctrico. Además, así como en el eléctrico se han seleccionado coches de una gama media-baja, en los híbridos enchufables nos encontramos con vehículos de una gama superior, de ahí la inflación del precio. Por lo tanto, el escenario de híbridos enchufables, queda descartado debido a su escaso desarrollo en el mercado y a la poca posibilidad de compararlos con el resto.

Híbrido enchufable	
Modelo	Precio (€)
Audi A3 Sportback e-tron	38.750
BMW serie 2 iPerformance	39.500
Mitsubishi Outlander PHEV	47.200
Kia Optima PHEV	45.750
Media	42.800 €

Tabla 8 Precio híbridos enchufables

En cuanto a los híbridos, nos encontramos con la siguiente gama de precios:

Híbrido	
Modelo	Precio (€)
Hyundai IONIQ	23.900
Ford Mondeo HEV	34.500
Kia Niro	25.400
Lexus CT	22.900
Suzuki Baleno	17.225
Toyota Auris	22.020
Media	24.324€

Tabla 9 Precio híbridos

Sin embargo, no sería justo considerar tan solo el precio de los vehículos, hay que tener en cuenta cuanto consumen, para ello, se sacarán de las fichas técnicas de todos los vehículos los datos necesarios para su consumo. En cuanto a los eléctricos, se tomará la capacidad de su batería, y se calculará el coste que conlleva recargar estas baterías según la tarifa de electricidad. Para los híbridos se tomará el precio medio del combustible y su consumo medio.

En el apartado 2.4 sobre los beneficios del vehículo eléctrico, en el subcapítulo de ahorro económico se habló sobre el precio de la electricidad, y las mejores horas para la recarga del vehículo eléctrico. En ese apartado se tomó 15.000 Km de media anuales, que se seguirán utilizando para este estudio.

Para la carga del vehículo eléctrico, lo más económico resultaría hacerla en las denominadas horas valle, entre la 1 a.m. y las 7 a.m.

Las capacidades de la batería de los vehículos eléctricos del mercado son:

Modelo	Eléctrico	
	Capacidad batería kWh	Autonomía [Km]
Citroën C-Zero	14,5	150
Citroën E-Mehari	30	200
BMW i3	22	160
Hyundai IONIQ	28	250
Kia Soul EV	27	210
Mercedes Clase B	36	200
Mitsubishi i-MiEV	16	160
Nissan Leaf	24	250
Peugeot iOn	16	150
Renault ZOE	22	240
Smart Fortwo Electric	17,6	145
Volkswagen e-Up!	18,7	160
Volkswagen e-Golf	26,5	210
Media	22,9 kWh	191,2 Km

Tabla 10 Características de los eléctricos

Además, el consumo de los coches híbridos es el siguiente:

Modelo	Híbrido
	Consumo (L/100Km)
Hyundai IONIQ	3,4
Ford Mondeo HEV	4,2
Kia Niro	3,8
Lexus CT	3,8
Suzuki Baleno	4,2
Toyota Auris	3,8
Media	3,87 L/100Km

Tabla 11 Características de los híbridos

Una vez visto el consumo medio de los híbridos a los 100 km, se procede al cálculo del precio que le costaría al usuario su uso durante un año, para un rodaje medio estimado de 15.000 Km anuales. Se estima que el precio del combustible será 1,3€/L aunque este es un dato que cambie diariamente.

$$3,87 \frac{L}{100 Km} \times \frac{1,3€}{L} \times \frac{15.000Km}{año} = 754,65€/año$$

Para los vehículos híbridos se obtiene una media de 745,65 € anuales.

En cuanto a los vehículos eléctricos, el precio de la electricidad varía en función de la hora, además cada compañía tiene distintas tarifas de luz en función de la hora.

En la figura 8.24 se adjunta una estimación de la REE de cómo afectaría la carga del vehículo eléctrico en horas punta. [45]



Figura 8. 24 Recarga en horas punta [45]

En cuanto a la recarga en horas punta, se observa un sobre dimensionamiento del sistema debido a la carga de vehículos, lo cual no favorece la integración de las energías renovables y se tendría una ineficiencia. El precio del kWh estimado en el apartado 2.4 el día 7 de marzo de 2017 era de 0,186€/kWh, sin embargo, en mayo de 2017 la electricidad está a 0,167€/kWh. Para nuestra estimación se considera el caso más desfavorable.

$$\frac{0,186\text{€}}{\text{kWh}} \times \frac{22,9\text{kWh}}{\text{batería}} \times \frac{1 \text{ batería}}{191,2\text{Km}} \times \frac{15.000\text{Km}}{\text{año}} = 334,158 \text{ €/año}$$

Como se puede comprobar, incluso cargando el vehículo en horas punta saldría más rentable la circulación mediante vehículo eléctrico.

A continuación, en la Figura 8.25 se adjunta la estimación de la REE para la carga del vehículo eléctrico en horas valle con gestión inteligente y sin gestión inteligente.

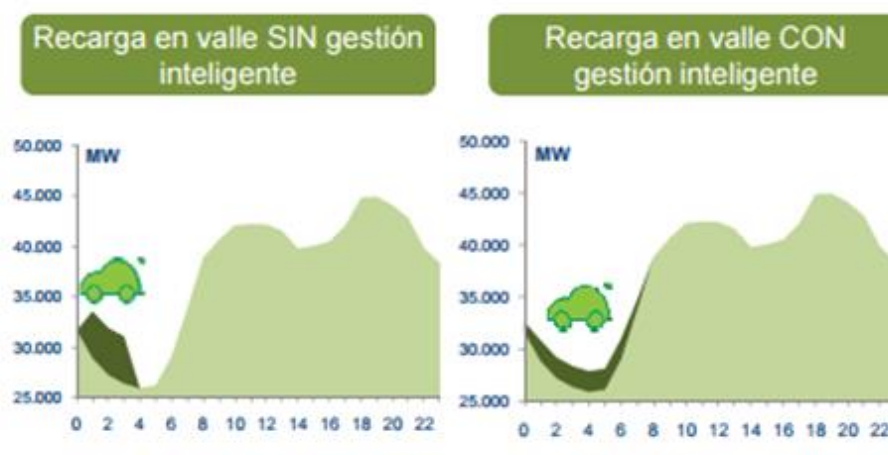


Figura 8. 25 Recarga en horas valle [45]



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

Como se puede observar para que la integración sea eficiente es necesaria una gestión inteligente. Se observa que con las recargas en las horas valle se obtiene una mayor eficiencia en el sistema y una mejor integración de las energías renovables. Con una gestión inteligente se logra una mejor maniobrabilidad del sistema. El precio de la electricidad en horas valle para mayo de 2017 está a 0,1416€/kWh.

$$\frac{0,1416\text{€}}{\text{kWh}} \times \frac{22,9\text{kWh}}{\text{batería}} \times \frac{1 \text{ batería}}{191,2\text{Km}} \times \frac{15.000\text{Km}}{\text{año}} = 254,39\text{€/año}$$

Un dato que demuestra los beneficios que otorga el vehículo eléctrico al usuario, se puede lograr un ahorro de unos 500€ anuales en cuanto al transporte. Además, el estado se ve beneficiado por la reducción de emisión de CO₂ al ambiente. El beneficio del estado además sería múltiple pues se estima una emisión de 2,6 kg por Km y de 308 g por kWh.

También queda demostrado la ventaja que obtendría el usuario programando la carga del vehículo en las horas valle en lugar de a una hora punta.

Con esto cabe descartar por tanto un escenario como el actual, de vehículos de combustión, pues su sustitución por un parque eléctrico aportaría beneficios tanto para el individuo como para el gobierno.

Destacando por el escenario de los eléctricos, queda demostrado que el Leganés es capaz de albergar un escenario con un parque automovilístico eléctrico. Sin embargo, por el momento el vehículo eléctrico solo resulta útil para la circulación urbana, por lo que se considerará un escenario mixto entre vehículos híbridos y eléctricos, donde se usen los híbridos para el desplazamiento de largas distancias y el eléctrico para la circulación urbana.

Respecto al precio de los eléctricos se puede observar como hoy en día la media de precios es ligeramente superior que la de los vehículos híbridos, sin embargo, con la instauración del vehículo eléctrico esta diferencia de precios disminuirá, otorgando a los eléctricos una posición privilegiada respecto a los híbridos, tanto por el lado del usuario como del estado.

CAPÍTULO 9. EL RESULTADO: LA SMART GRID

9.1 ¿Qué es una Smart Grid?

EL objetivo de este capítulo consiste en explicar en qué consiste una Smart Grid, para la cual se necesitarían los puntos de carga en los que se ha estado trabajando hasta el momento. Pero no solo con los puntos de carga se conseguirá una Smart Grid, son necesarios multitud de elementos para lograr una ciudad energéticamente sostenible. Dónde como ya se ha mencionado, los puntos de carga sean capaces de transmitir energía cuando no la necesiten, y cuando requieran de ella la puedan obtener de otros aparatos electrónicos. Consiste en una ciudad que va transfiriendo la energía en función de la demanda y los propios aparatos de la vida cotidiana sean capaces de generar energía. Reduciendo la producción de energía a las renovables, y eliminando la producción de energía mediante combustibles fósiles. El vehículo eléctrico generará energía a mediante el freno regenerativo y el volante de inercia, y a través de los puntos de carga pueden transferir esa energía a la red eléctrica.

Una Smart Grid está formada por una red inteligente, la cual es capaz de integrar de forma eficiente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios con contacto a la red. De tal modo que se asegure un sistema energético eficiente y sostenible, minimizando las pérdidas y con garantías en el suministro y la seguridad. [46]

Las redes de transporte de alta tensión ya disponen de inteligencia en el suministro. Como se puede ver a pequeña escala en los sistemas ferroviarios, que transportan la energía en función de la necesidad, cuando un tren genera energía en la frenada, esta se traslada a otro tren que necesite energía en la tracción. Pero sin ir más lejos, la red de suministro de Europa, como ejemplo a gran escala, es una red inteligente, la cual está constantemente cediendo y consumiendo energía de otros países, lo cual se puede consultar en la REE [33]. La energía está constantemente en movimiento, pues no se puede almacenar con pocas pérdidas.

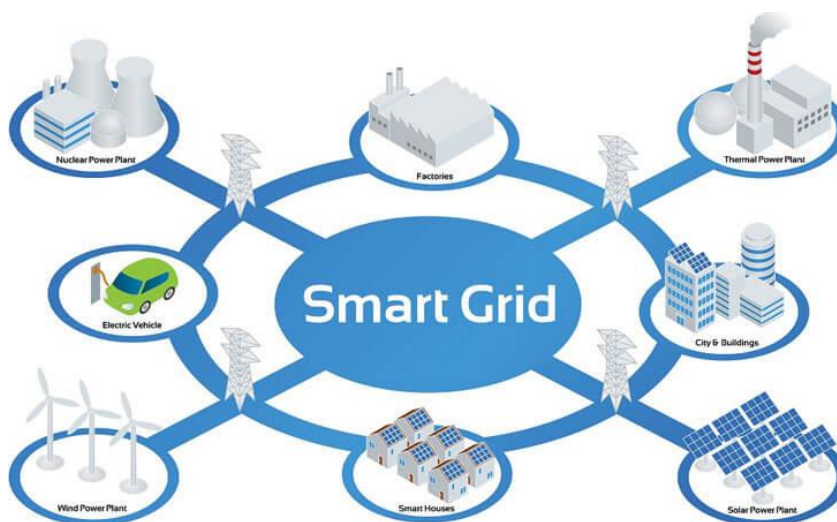


Figura 9. 1 Esquema Smart Grid [47]

9.2 Características de la Smart Grid

Lo que diferencia Una Smart Grid de un sistema eléctrico como el actual consiste en un cambio a un sistema descentralizado, donde la generación de energía se realiza también a pequeña escala, instalada lo más próxima posible al consumo. Además, se permite un flujo de energía bidireccional. La evolución de las Smart Grids se presenta como solución al problema que plantea el transporte y sus emisiones, promoviendo el uso del vehículo eléctrico. [47]

Según la REE las características que debe tener una red inteligente son: [46]

- **Flexibilidad:** La red ha de tener la capacidad de adaptarse a las necesidades cambiantes del sistema. Debe permitir la bidireccionalidad del flujo de energía. Asimismo, debe disponer de un cuidado intensivo de sus infraestructuras que garanticen su seguridad.
- **Inteligente:** la propia red debe ser la que soluciones sus problemas de demanda y la que se repare de los fallos que pueda tener, además, debe proporcionar información a tiempo real a un centro de control.
- **Eficiente:** Debe minimizar en gastos y en el uso de infraestructuras.
- **Abierta:** Para facilitar el desarrollo de nuevos mercados eléctricos e integrar de forma segura a las renovables.
- **Sostenible:** La red debe respetar el medio ambiente y minimizar, por no decir eliminar, la emisión de sustancias contaminantes.

Lo que significa que una Smart Grid debe controlar la generación en función de la demanda, llegando a un mejor equilibrio, y facilitando a las distribuidoras de energía los índices de demanda.

Esta información se recoge a través de la incorporación en la red eléctrica de contadores inteligentes. Los contadores estarán equipados en cada punto de consumo, lo que facilitará también al propio usuario llevar la cuenta del consumo que está realizando.

Los datos de todos los contadores serán recogidos por un centro de mando, lo que resultaría el centro de la Figura 9.1. El centro de mando a su vez enviará la información a las distribuidoras eléctricas. A su vez existirán unas bases de gestión de datos a través de las cuales las distribuidoras podrán enviar al usuario señales para conseguir un consumo más eficiente. Eso serviría para que el cliente realice un mayor o menor consumo en función de la potencia que se demanda, y de este modo, compensarle por ello, realizando un cambio de papel de proveedores.

9.3 El vehículo eléctrico en la Smart Grid

El desarrollo del vehículo eléctrico se plantea como un desafío, pero también puede resultar una oportunidad para la formación de la Smart Grid. Sin embargo, cuando se planteó la idea del vehículo eléctrico en un principio, se pensaba que iba a tener mayor éxito. Pero los problemas de autonomía, acceso a puntos de carga, así



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

como el tiempo que toma el vehículo para cargar han resultado una carga para su desarrollo. Actualmente si se cargan 250.000 vehículos por la noche el incremento de demanda en electricidad sería de 1 millón de kW por hora, lo cual implicaría la puesta en funcionamiento de numerosas centrales de energía, actualmente solo las centrales nucleares son capaces de generar esa energía. [48]

Planteado el problema nos encontramos con que para la carga de millones de vehículos será necesaria mucha más energía de la que se produce hoy en día. Por ello la implantación de la Smart Grid no tan solo es beneficiosa para la sostenibilidad, sino que es necesaria si se desea la implantación del vehículo eléctrico.

Dentro del modelo de la Smart Grid los usuarios también pueden ser proveedores de energía. El término “Vehicle to grid” consiste en aprovechar la capacidad de almacenamiento de los vehículos eléctricos para inyectar la energía almacenada en la red en el momento que el usuario lo desee. De este modo se podrá utilizar la energía almacenada en los momentos que la electricidad resulte más cara. Esta transferencia de la energía del vehículo a la red se realiza mediante los puntos de carga.

Con la implantación del vehículo eléctrico se conseguiría una gran capacidad de almacenamiento de energía, siendo posible almacenar la demanda diaria nacional. Aunque también se generaría el problema para las distribuidoras de cuándo y cómo recargar los vehículos, por lo que la regulación de las Smart Grids sería esencial.

En España ya se están realizando proyectos de Smart Grids como los que nos podemos encontrar en las ciudades de Málaga y Barcelona, estos están siendo llevados a cabo por la compañía eléctrica Endesa [49].



CONCLUSIONES

El análisis realizado ha servido para analizar tanto tecnológica como económicamente la viabilidad de la existencia de un parque automovilístico totalmente eléctrico en Leganés. Así como realizar un paso adelante en la integración de este tipo de vehículos, analizando sus necesidades como son los puntos de carga y la inversión que estos requerirían. Para esto se ha hecho un trabajo de información básica sobre un posible proyecto de futuro como puede ser la implantación de las infraestructuras de recarga necesarias para abastecer a una ciudad. Se ha recogido información de diversas fuentes desde legislación hasta las características de los puntos de carga y se ha expuesto de forma ordenada para el conocimiento del proceso. Obteniendo finalmente unos valores que explican la viabilidad de un parque eléctrico en una ciudad como Leganés.

Aunque finalmente el parque de vehículos seguramente no sea eléctrico tal y como se ha explicado, pues en este momento el precio de los híbridos es ligeramente menor y resultan mejores vehículos para el desplazamiento de grandes distancias.

Para el análisis primero se estudia la composición del vehículo eléctrico, y que partes lo diferencian de los vehículos de combustión actuales. Se observa la necesidad del desarrollo de las baterías y de los puntos de carga.

Por parte de las baterías se demuestra que es el enemigo a batir. La autonomía que nos pueden ofrecer actualmente ronda los 200 Km, lo cual supone un impedimento para los usuarios que necesitan recorrer grandes distancias. Sin embargo, la ciencia ha demostrado el rápido progreso realizado en este ámbito, y lo potenciales que son los nuevos proyectos de baterías.

En cuanto a los puntos de carga, se muestra una comparación entre todos los tipos y modos de carga existentes, también se demuestra cual es el adecuado para cada localización. Aunque falten por desarrollar todavía los puntos de carga de las estaciones de servicio, durante el desarrollo y construcción de resto de infraestructuras se podrían desarrollar.

Respecto a los datos económicos se demuestra la ventaja que aportan los eléctricos frente a los vehículos convencionales. Aunque ahora la diferencia de precio haga que los beneficios económicos que aporta el vehículo eléctrico disminuyan, con su entrada al mercado y un mayor conocimiento y desarrollo de este tipo de tecnologías la diferencia de precio se verá reducida. También se demuestra la capacidad de una ciudad como Leganés e albergar las infraestructuras necesarias para la existencia de un parque automovilístico eléctrico. Su ayuntamiento tiene la capacidad de financiar las obras necesarias dentro del periodo de tiempo durante el que se llevaría a cabo la transición.

Todo este cambio que ha de sufrir la ciudad favorece a la creación de una Smart Grid o ciudad inteligente, el modelo de ciudad que se plantea para el futuro y que visto el impacto del vehículo eléctrico está más cerca de lo que se piensa.



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

Por lo tanto, una vez analizado el impacto económico que tendría el coche eléctrico cabe decir que Leganés es una ciudad suficientemente preparada para ello. Y así como Leganés, la mayoría de ciudades de España.



BIBLIOGRAFÍA

F. Palazuelos, «Cuando los coches eléctricos eran más populares y mejores que 1 los de gasolina,» [En línea]. Available: [https://hipertextual.com/2016/01/historia-](https://hipertextual.com/2016/01/historia-del-coches-electrico)
] [del-coches-electrico](https://hipertextual.com/2016/01/historia-del-coches-electrico). [Último acceso: 16 1 2017].

«Historia de los coches eléctricos,» [En línea]. Available:
2 [https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-](https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-electricos)
] [electricos](https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-electricos). [Último acceso: 16 1 2017].

«Historia de los coches eléctricos,» Europcar, [En línea]. Available:
3 <http://blog.europcar.es/historia-coches-electricos/>. [Último acceso: 16 1 2017].
]

«Componentes de un coche electricos,» Endesa, [En línea]. Available:
4 [http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico#componentes)
] [electricidad/coche-electrico#componentes](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico#componentes). [Último acceso: 31 1 2017].

«Partes de un coche eléctrico,» OCIO ultimate magazine, [En línea]. Available:
5 <https://www.ocio.net/motor/partes-de-un-coche-electrico/>. [Último acceso: 31 1
] 2017].

«El vehículo eléctrico, beneficios,» Endesa, [En línea]. Available:
6 <http://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/beneficios>. [Último
] acceso: 7 3 2017].

«AYUDAS A LA ADQUISICIÓN DE VEHÍCULOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS
7 (MOVEA),» Ministerio de economía, industrias y competitividad, [En línea]. Available:
] [http://www.minetad.gob.es/industria/es-ES/Servicios/plan-movea/Paginas/ayudas-](http://www.minetad.gob.es/industria/es-ES/Servicios/plan-movea/Paginas/ayudas-movea.aspx)
[movea.aspx](http://www.minetad.gob.es/industria/es-ES/Servicios/plan-movea/Paginas/ayudas-movea.aspx). [Último acceso: 7 3 2017].

«Boletín oficial del estado,» Gobierno de España, [En línea]. Available:
8 https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-13681. [Último acceso: 10 2
] 2017].

«Boletín oficial del estado,» Gobierno de España, [En línea]. Available:
9 https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2011-8910. [Último acceso: 10 2



] 2017].

«Bolettin oficial del estado,» [En línea]. Available:
1 http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2009-18733. [Último acceso: 10 2
0 2017].
]

«Boletín oficial del estado,» [En línea]. Available:
1 https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2011-8125. [Último acceso: 10 2
1 2017].
]

«Boletín oficial del estado,» [En línea]. Available:
1 http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-4215. [Último acceso: 10 2
2 2017].
]

«Boletín oficial del estado,» [En línea]. Available:
1 <http://www.lugenergy.com/imagenes//2012/09/itc-bt-52.pdf>. [Último acceso: 10 2
3 2017].
]

«Gestor de cargas,» [En línea]. Available:
1 https://es.wikipedia.org/wiki/Gestor_de_cargas. [Último acceso: 28 2 2017].
4
]

«Gestores de cargas del sistema,» [En línea]. Available:
1 [https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_de_carga#Gestores_de_cargas_del_si
5 stema](https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_de_carga#Gestores_de_cargas_del_sistema). [Último acceso: 28 2 2017].
]

«Recarga del vehículo eléctrico,» Endesa, [En línea]. Available:
1 <http://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/recarga/tipos>. [Último
6 acceso: 1 3 2017].
]

«Guía vehículo eléctrico,» Madrid, 2015.
1
7



]

«Tipos de conectores, tipos de recarga y modos de carga,» motorpasion, [En línea]. Available: <https://www.motorpasionfuturo.com/coches-electricos/tipos-de-8-conectores-tipos-de-recarga-y-modos-de-carga>. [Último acceso: 13 2017].

]

«modos de recarga del vehículo eléctrico,» [En línea]. Available: <http://electromovilidad.net/modos-de-recarga-del-vehiculo-electrico/>. [Último acceso: 8 3 2017].

]

«Recarga del vehículo eléctrico,» Batteri, [En línea]. Available: http://www.faen.es/batterie/Recarga_vehiculo_electrico.pdf. [Último acceso: 4 3 0 2017].

]

«Valencia electric movement,» [En línea]. Available: <http://www.recargacocheselectricos.com/>. [Último acceso: 4 3 2017].

1

]

«Infraestructura del vehículo eléctrico,» [En línea]. Available: <http://aedive.es/infraestructura-del-vehiculo-electrico/>. [Último acceso: 8 3 2017].

2

]

«vehículos eléctricos: carga rápida por inducción,» movilidad eléctrica, [En línea]. Available: <http://movilidadelectrica.com/wp-content/uploads/2012/12/ArticuloEndesa.pdf>. [Último acceso: 10 3 2017].

]

«carga inductiva de los coches eléctricos,» [En línea]. Available: <http://www.recargacocheselectricos.com/carga-inductiva-coches-electricos/>. [Último acceso: 10 3 2017].

]

«Guía vehículo eléctrico II baterías,» Madrid, 2015.

2

5



]

«Tipos de batería para coche eléctrico,» [En línea]. Available: 2 <http://electromovilidad.net/tipos-de-bateria-para-coche-electrico/>. [Último acceso: 6 6 5 2017].

]

«Baterías para coches eléctricos: fabricantes, tecnologías y estrategias,» [En 2 línea]. Available: <http://movilidadelectrica.com/baterias-para-coches-electricos/>. 7 [Último acceso: 6 5 2017].

]

El vehículo eléctrico, desafíos tecnológicos, infraestructuras y oportunidades de 2 negocio.- sistemas de recuperación de energía., 2015.

8

]

«Litio-ión, la batería ideal?,» Battery university, [En línea]. Available: 2 http://batteryuniversity.com/learn/archive/is_lithium_ion_the_ideal_battery. 9 [Último acceso: 6 5 2017].

]

«other battery technologies,» [En línea]. Available: 3 <http://www.rechargebatteries.org/knowledge-base/batteries/other-technologies/>. 0 [Último acceso: 6 5 2017].

]

«Parque de vehículos,» [En línea]. Available: 3 http://www.anfac.com/estadisticas.action?accion=estad_parque. [Último acceso: 22 1 2 2017].

]

«Consultora DGT,» [En línea]. Available: 3 https://sedeapl.dgt.gob.es/WEB_IEST_CONSULTA/informePredefinidoCaptcha.faces. 2 [Último acceso: 22 2 2017].

]

«Red Eléctrica Española,» [En línea]. Available: 3 <http://www.ree.es/es/node/9538>. [Último acceso: 15 2 2017].

3



]

«Energy system overview,» [En línea]. Available:
3 <http://www.iea.org/media/countries/Spain.pdf>. [Último acceso: 15 2 2017].

4

]

«¿Cuánto CO₂ por km emite un coche eléctrico en España?,» [En línea].
3 Available: <https://www.motorpasionfuturo.com/coches-electricos/cuanto-co-por-5-km-emite-un-coche-electrico-en-espana>. [Último acceso: 15 2 2017].

]

«Autorización SER para vehículos cero emisiones,» [En línea]. Available:
3 <http://www.movilidadelectricamadrid.es/m,293/>. [Último acceso: 23 2 2017].

6

]

«tarjeta vehículos eléctricos,» [En línea]. Available:
3 <https://www.areaverda.cat/es/usuarios/vehiculos-electricos/>. [Último acceso: 23 2
7 2017].

]

«Cómo instalar un punto de recarga para vehículos eléctricos en el garaje,» [En
3 línea]. Available: <https://www.xataka.com/automovil/como-instalar-un-punto-de-8-recarga-para-vehiculos-electricos-en-el-garaje>. [Último acceso: 23 3 2017].

]

«páginas de diversas empresas dedicadas a los puntos de carga,» [En línea].
3 [Último acceso: 10 4 2017].

9

]

«Guía del vehículo eléctrico II localización de los puntos de carga,» Madrid,
4 2015.

0

]

«Guía del vehículo eléctrico II puntos de carga en las vías públicas,» Madrid,
4 2015.

1



]

Cartografía del Ayuntamiento de Leganés, Leganés, 2017.

4

2

]

«Instituto Nacional de Estadística,» [En línea]. Available:
4 http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=12547347
3 10990. [Último acceso: 15 5 2017].

]

«Gastos del ayuntamiento de Leganés en nuevas tecnologías,» [En línea].
4 Available:
4 http://www.leganes.org/portal/contenedor_ficha.jsp?seccion=s_fdes_d4_v1.jsp&codbusqueda=1953&language=es&codResi=1&codMenuTN=1060&codMenu=2032&layout=contenedor_ficha.jsp . [Último acceso: 17 5 2017].

REE, «El vehículo eléctrico visión del operador del sistema,» [En línea]. Available:
4 <http://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/genera2011.pdf>. [Último
5 acceso: 18 5 2017].

]

«¿qué son las Smart Grid?,» REE, [En línea]. Available:
4 <http://www.ree.es/es/red21/redes-inteligentes/que-son-las-smartgrid>. [Último
6 acceso: 1 6 2017].

]

«Certificación de seguridad de las redes inteligentes en Europa,» [En línea].
4 Available: <https://www.smartgridsinfo.es/2015/01/05/certificacion-de-seguridad-de-las-redes-inteligentes-en-europa>. [Último acceso: 1 6 2017].

]

«Smart Grids y la evolución de la red eléctrica,» [En línea]. Available:
4 http://www.minetad.gob.es/industria/observatorios/SectorElectronica/Actividades/82010/Federaci%C3%B3n%20de%20Entidades%20de%20Innovaci%C3%B3n%20y%20Tecnolog%C3%ADa/SMART_GRIDS_Y_EVOLUCION_DE_LA_RED_ELECTRICA.pdf.
] [Último acceso: 2 6 2017].

«Málaga ciudad inteligente,» [En línea]. Available:



Estudio tecnoeconómico de las necesidades del parque automovilístico
de una ciudad para su adaptación al coche eléctrico.

4 <http://www.socinfo.es/contenido/seminarios/smart5/malaga.pdf>. [Último acceso: 3
9 6 2017].

]